

**KAJIAN SIFAT MEKANIK DAN AKUSTIK KERAMIK BERBASIS ZEOLIT ALAM DAN  
*Polyvinyl Alcohol (PVA)***



**Disusun oleh:  
Taufiq Sidik Prakoso  
M.0204061**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi sebagai persyaratan mendapatkan gelar  
Sarjana Sains Fisika**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

# **SURAKARTA**

**Juli, 2009**

## **HALAMAN PENGESAHAN**

Skripsi ini dibimbing oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Iwan Yahya, M.Si  
NIP. 19670730 199302 1 001

Drs. Harjana, M.Si, Ph.D  
NIP. 19590725 198601 1 001

Dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi pada :

Hari

: Selasa

Tanggal

: 21 Juli 2009

Anggota Tim Penguji :

1. Dra. Riyatun, M.Si (.....)  
NIP. 19680226 199402 2 001
2. Kusumandari, S.Si, M.Si (.....)  
NIP. 19810518 200501 2 002

Disahkan oleh

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret Surakarta

Dekan Fakultas MIPA

Ketua Jurusan Fisika

Prof. Drs. Sutarno, M.Sc., Ph.D

Drs. Harjana, M.Si, Ph.D

NIP. 131 649 948

NIP. 19590725 198601 1 001

### **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “ KAJIAN SIFAT MEKANIK DAN AKUSTIK KERAMIK BERBASIS ZEOLIT ALAM DAN *Polyvinyl Alcohol* (PVA)” belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga belum pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Surakarta, 21 Juli 2009

TAUFIQ SIDIK PRAKOSO

# KAJIAN SIFAT MEKANIK DAN AKUSTIK KERAMIK BERBASIS ZEOLIT ALAM DAN *polyvinyl alcohol* (PVA)

TAUFIQ SIDIK PRAKOSO  
Jurusan Fisika. Fakultas MIPA. Universitas Sebelas Maret

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan keramik berbasis zeolit alam (ZA) dan *polyvinyl alcohol* (PVA) menggunakan metode reaksi padatan. Campuran ZA aktif dengan PVA ditekan dengan beban tekan 10 kN pada saat proses pencetakan, kemudian sampel disintering hingga suhu 200 °C. Terdapat delapan komposisi yang berbeda dalam eksperimen ini, dengan variasi komposisi PVA 10-80 %massa. Kemampuan mekanik dan akustik dianalisis menggunakan prosedur bending test dan ASTM E-1050-98. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan mekanik terbesar dimiliki oleh sampel dengan komposisi PVA 80 %massa dengan besar kemampuan tekan  $(1,236 \pm 0,002) \times 10^8$  Pa, sedangkan kemampuan akustik terbesar dimiliki oleh sampel dengan komposisi PVA 10 %massa dengan besar absorpsi akustik 0,5 pada bentang frekuensi 5 kHz-6 kHz. Hasil ini sesuai dengan prediksi bahwa kemampuan mekanik meningkat seiring meningkatnya komposisi PVA, sedangkan kemampuan akustik relatif menurun pada perlakuan yang sama.

Kata kunci : metode reaksi padatan, zeolit alam, *polyvinyl alcohol* (PVA)

# ZEOLITE BASED CERAMIC

TAUFIQ SIDIK PRAKOSO

Department of Physics. Faculty of Science, Sebelas Maret University

## ABSTRACT

Fabrication of a *polyvinyl alcohol* (PVA) - natural zeolite (ZA) based ceramic has been done by using solid reaction method. The activated ZA-PVA compound was pressed with 10 kN load and then sintered up to 200 °C. There are eight different composition was analyzed in this experiment, with PVA composition 10-80 %wt. The mechanic and acoustics properties analysis was done by using bending test and ASTM E-1050-98 procedure respectively. The results shows that the best mechanic performance  $(1,236 \pm 0,002) \times 10^8$  Pa is occurred on the sample with 80 %wt PVA fraction, while best acoustics performance with alpha 0,5 in 5 kHz – 6 kHz occurred on sample 10 %wt PVA. This is agreed with the theoretical prediction that the mechanic performance increased along its PVA %wt, while the acoustics performance decreased in the same manner.

Key words : solid reaction method, natural zeolite, *polyvinyl alcohol* (PVA)

## MOTTO

Berdoalah kepada Tuhanmu dengan merendah diri dan suara lembut,  
sesungguhnya ALLAH tidak menyukai orang-orang yang melampaui batas  
(Al A'Raaf:55)

Manusia boleh berencana, tetapi ALLAH adalah penentu segalanya.  
Dan apapun yang DIA berikan adalah yang terbaik  
(2004)

Semua masalah pasti ada jalan keluarnya, mau yang lurus atau yang berliku....  
Tergantung bagaimana cara kita menyikapinya...

Merangkai hidup seperti menyusun sebuah Puzzle

# **PERSEMBAHAN**

**Skripsi ini saya persembahkan buat :**

**Bapak Ibu tercinta**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas limpahan taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga beliau, para sahabat dan seluruh ummat-Nya.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Banyak pihak yang telah membantu penulis selama penelitian maupun dalam penyusunan laporan penelitian ini. Untuk itu penulis bersyukur kepada Allah SWT dan perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada :

1. Drs. Iwan Yahya, M. Si selaku pembimbing I yang selalu memberi saran, bimbingan, dan semangat.
2. Drs. Harjana, MSi, Ph.D selaku pembimbing II yang telah banyak membantu, memberi saran dan masukan.
3. Pak Eko, Pak Mul, Mas Johan, Mas Ari dan Pak Yun, terima kasih telah banyak membantu selama proses penelitin di lab pusat.
4. Syaiful Bahri, terima kasih telah menjadi teman satu topik tugas akhir untuk bersama-sama berjuang menyelesaikan.
5. Bapak, Ibu, terima kasih telah menyumbang seperangkat komputer untuk memperlancar penulis dalam menyusun draft skripsi.
6. Riris, telah banyak membantu penulis dalam penyusunan draft skripsi.

Semoga bantuan dari semua pihak mendapat berkah dari ALLAH. Akhirnya penulis berharap semoga karya ini dapat bermanfaat bagi bagi perkembangan IPTEK di masa yang akan datang. Amin.

Surakarta, 21 Juli 2009



Taufiq Sidik Prakoso

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
--------------------	---

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>INTISARI.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>MOTTO.....</b>	<b>vi</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xiv</b>

## **BAB I PENDAHULUAN**

A.	Latar Belakang.....	1
B.	Perumusan Masalah .....	4
C.	Batasan Masalah.....	4
D.	Tujuan Penelitian .....	4
E.	Manfaat Penelitian .....	4
F.	Sistematika Penulisan.....	5

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

A.	Zeolit.....	6
B.	Struktur Zeolit.....	7

C.	Proses Pengolahan Zeolit.....	8
D.	<i>Polyvinyl Alcohol (PVA)</i> .....	9
E.	Sifat Mekanik Bahan.....	10
F.	Sifat Akustik Bahan.....	12

### **BAB III METODE PENELITIAN**

A.	Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	18
B.	Alat dan Bahan.....	18
C.	Metode Penelitian.....	18

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

A.	Pembuatan Zeolit Keramik.....	25
B.	Uji Mekanik	26
C.	Uji Akustik	28

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan.....	31
5.2	Saran .....	31

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>32</b>
----------------------------	-----------

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Komposisi Campuran Bahan.....	21
Tabel 4.1	Hasil uji mekanik.....	26

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Zeolit yang terbentuk dari 4 atom O yang mengelilingi 1 atom Si .....	8
Gambar 2.2	Pola pembebanan terhadap bahan.....	11
Gambar 3.1	Diagram alir tahap penelitian.....	19
Gambar 3.2	Trayek pembakaran aktivasi ZA.....	20
Gambar 3.3	Trayek pembakaran sampel hasil cetakan.....	22
Gambar 3.4	<i>Set up</i> alat uji karakteristik akustik sampel ukuran 2,9 cm.....	23
Gambar 4.1	Sampel hasil pembakaran pada suhu 200 °C selama 1 jam.....	26
Gambar 4.2	Hasil uji tekan dengan beban uji 100 kN.....	27
Gambar 4.3	Hasil uji akustik pada rentang frekuensi 1000-6000 Hz.....	28
Gambar 4.4	Grafik <i>range</i> frekuensi dengan <i>base line</i> absorpsi lebih dari 0,2 terhadap komposisi PVA.....	29
Gambar 4.5	Grafik <i>range</i> absorpsi terbaik terhadap komposisi PVA pada rentang frekuensi 1000-6500 Hz 30	

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Data Sampel.....	34
Lampiran II	Hasil Uji Mekanik.....	36
Lampiran III	Hasil Uji Akustik.....	38
Lampiran IV	Gambar Alat.....	52

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Sumber daya alam Indonesia yang melimpah sepatutnya perlu dikembangkan dan dimanfaatkan seoptimal mungkin untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat Indonesia. Salah satu sumber kekayaan alam Indonesia adalah zeolit. Indonesia kaya akan sumber zeolit yang tersebar di berbagai pulau-pulau di Indonesia. Banyak pengusaha, baik swasta nasional, KUD maupun perorangan membuka usaha penambangan di berbagai daerah. Memperhatikan pentingnya pemanfaatan zeolit dalam berbagai industri dan pertanian serta upaya mengangkat perekonomian masyarakat dimasa krisis ekonomi yang belum juga pulih ini, diperlukan adanya dorongan untuk mendayagunakan potensi zeolit secara lebih optimal (Herry R.E, 2008). Pendayagunaan potensi zeolit tidak hanya terbatas pada bidang industri maupun pertanian, akan tetapi diharapkan bisa merambah ke bidang-bidang lainnya mengingat sifat unik dari zeolit sebagai mineral yang memiliki sifat yang khas.

Zeolit merupakan suatu kelompok mineral yang dihasilkan dari proses hidrotermal batuan beku basa. Mineral ini telah banyak dimanfaatkan. Diantara pemanfaatan zeolit adalah dalam proses pendingin, sebagai katalis dan dimanfaatkan dalam proses industri sebagai alternatif pengolahan limbah.

Zeolit adalah kristal aluminosilikat yang memiliki struktur tetrahedral yang terbentuk dari  $\text{AlO}_4$  dan  $\text{SiO}_4$  yang dihubungkan satu dengan yang lainnya melalui pembagian bersama ion oksigen. Struktur zeolit berbentuk seperti sarang lebah karena strukturnya yang berongga dengan rongga-rongga yang berhubungan ke segala arah sehingga permukaan zeolit menjadi luas. Zeolit merupakan mineral multiguna karena memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang unik. Memiliki kemampuan adsorpsi dan *molecular sieves*. (Rodhie S, 2006)

Zeolit ada dua macam yaitu zeolit alam dan zeolit sintesis. Masing-masing dari kedua jenis zeolit tersebut memiliki keunggulan dalam keandalannya dan aspek ekonomi. Terdapat lebih dari 50 jenis zeolit alam yang tersebar di seluruh dunia. Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan zeolit alam yang mengandung jenis modernit dan klipnotilit.

Zeolit alam yang akan digunakan dalam penelitian kali ini adalah zeolit alam yang berasal dari daerah Gunung Kidul Yogyakarta. Sebelum zeolit alam dimanfaatkan, terlebih dahulu zeolit alam tersebut diaktifasi dengan cara memanaskannya hingga suhu lebih dari  $100^{\circ}\text{C}$ . Aktivasi ini dimaksudkan untuk menghilangkan air pori yang terperangkap di dalamnya. Di dalam struktur zeolit terdapat air yang sifatnya labil yang sering dinamakan sebagai air pori. Kandungan air pori yang terperangkap dalam rongga zeolit biasanya berkisar antara 10-50%. Dengan hilangnya air pori pada proses aktivasi, dapat memungkinkan zeolit untuk menyerap molekul molekul yang memiliki diameter lebih kecil dari ukuran pori-pori zeolit tersebut. (Herry R.E, 2008)

Kajian dan pengembangan zeolit telah menghasilkan berbagai sintesis zeolit dalam berbagai bentuk. Beberapa pengembangan zeolit diantaranya dalam bentuk butiran dan keramik. Sintesis zeolit dalam bentuk keramik memiliki keunggulan jika dibandingkan dengan sintesis dalam bentuk butiran, karena mampu beroperasi pada suhu tinggi, memiliki kestabilan kimia dan mekanik serta dapat dimanfaatkan dalam proses adsorpsi secara kontinyu (Jia Meng-dong, dkk, 1995).

Berbagai metode dalam proses sintesis keramik telah banyak dikembangkan. Diantara metode-metode tersebut adalah *biotemplating*, *sol-gel*, *injection molding* dan metode padatan. Namun metode yang paling sering digunakan dalam proses sintesis keramik adalah metode *sol-gel*. Metode padatan merupakan salah satu contoh dari metode sintesis keramik. Dalam penelitian ini akan dilakukan proses sintesis keramik dengan menggunakan metode padatan. Sintesis keramik dengan metode padatan belum banyak dikembangkan, menjadi alasan perlu adanya kajian dan penelitian sintesis zeolit keramik dengan metode ini. Proses sintesis dengan metode padatan memiliki keunggulan jika dibandingkan dengan metode *sol-gel*, yaitu tidak adanya bahan pereaksi tambahan selama proses sintesis. Sehingga kemurnian komposisi tetap terjaga.

*Polyvinyl alcohol* (PVA) sering digunakan sebagai binder pada proses sintesis keramik karena PVA merupakan material yang sangat baik untuk pembentuk lapisan, pengemulsi dan sebagai bahan perekat. Penggunaan PVA pada sintesis zeolit diharapkan mampu menjadi bahan perekat antar *powder* zeolit alam sehingga memperkuat keramik hasil fabrikasi.

Pada beberapa cabang industri, pengujian mekanik merupakan pengujian standar kualitas bahan. Pengujian mekanik biasanya meliputi uji tarik, uji impak, kekerasan, *creep* dan fatik untuk menghasilkan kualitas produk yang memenuhi suatu standar spesifikasi (Akhmad K, 2008). Sehingga perlu adanya pengujian mekanik terhadap keramik hasil sintesis untuk mengetahui kualitas mekanik dari keramik yang dihasilkan.



Material absorpsi akustik menurut strukturnya dibedakan oleh dua kelas, yaitu material berpori dan penyerap resonansi. Material berpori biasanya memiliki daya serap yang tinggi di bawah pengaruh frekuensi (van der Eerden, 2000). Zeolit merupakan material berpori, besar kemungkinan zeolit dapat dikembangkan sebagai material absorpsi akustik. Sehingga perlu adanya pengujian absorpsi akustik untuk mengukur besarnya koefisien absorpsi akustik dari keramik hasil fabrikasi. *Impedance tube* berbasis ASTM E1050-98 merupakan standar alat untuk mengukur besarnya koefisien absorpsi akustik dengan menggunakan metode dua mikrofon.

Tidak adanya parameter pasti terhadap perbandingan komposisi ZA dengan PVA, sehingga ditetapkan besarnya komposisi PVA pada rentang 20-80 %massa. Penentuan komposisi PVA pada rentang ini diharapkan dapat sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya untuk lebih dikembangkan sebagai mikrosellular keramik dengan penambahan *blowing agent*.

## **B. Perumusan Masalah**

Dari latar belakang dapat dituliskan perumusan masalah sebagai berikut :

- 5 Bagaimana proses pembuatan keramik berbasis zeolit alam dengan metode padatan?
- 6 Bagaimana pengaruh penambahan PVA terhadap keramik hasil fabrikasi?
- 7 Bagaimana pengaruh komposisi PVA terhadap sifat mekanik dan akustik dari keramik hasil fabrikasi?

## **C. Batasan Masalah**

Dapat dituliskan batasan dalam penelitian kali ini, yaitu :

7. Metode yang dilakukan adalah metode padatan.
8. Variasi yang dilakukan adalah perbandingan zeolit:PVA dengan besar perbandingan yaitu 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, 4:6, 3:7, 2:8.
9. Karakterisasi uji mekanik berupa uji tekan dan uji akustik berupa uji serapan akustik.

## **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- 3 Mengetahui proses pembuatan keramik berbasis zeolit alam dengan metode padatan dengan komposisi ZA:PVA yang bervariasi.
- 4 Mengetahui pengaruh komposisi PVA terhadap sifat fisis dari keramik hasil fabrikasi.
- 5 Mengetahui pengaruh penambahan PVA terhadap tekanan yang mampu ditahan oleh sampel.
- 6 Mengetahui pengaruh penambahan PVA terhadap gelombang bunyi yang mampu diserap oleh sampel.

## **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui sifat mekanik dan akustik dari zeolit keramik dengan metode padatan dan dapat dijadikan referensi bagi penelitian selanjutnya. Diharapkan proses pembuatan keramik berbasis zeolit alam mampu dikembangkan lebih luas lagi ke arah pembuatan mikrosellular keramik berbahan dasar zeolit alam. Sehingga dari proses penelitian lanjutan dapat dihasilkan produk olahan zeolit alam yang lebih aplikatif dan memberi pemanfaatan yang lebih.

## **F. Metode Penulisan**

Metode penulisan skripsi meliputi beberapa bab sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN, yang terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan metode penulisan.

BAB II. DASAR TEORI, yang berisi teori dan atau penjelasan sebagai landasan penelitian dan penulisan skripsi yang dilakukan.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN, menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN, yang merupakan penjelasan dari hasil penelitian yang dilakukan.

BAB V. PENUTUP, memuat tentang kesimpulan dan saran.

## BAB II

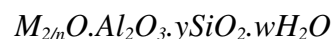
### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Zeolit

Mineral zeolit ditemukan pertama kali oleh seorang mineralogi F.E.F Cronstedt pada tahun 1755 dan mulai digunakan untuk industri dimulai pada tahun 1940 dan 1973. Tahun 1940 adalah penggunaan mineral zeolit sintetis, sedangkan tahun 1973 adalah permulaan penggunaan mineral zeolit alam. Kesulitan memisahkan mineral zeolit dari batuan induknya menjadi alasan dibuatnya zeolit sintesis. Mineral zeolit sintetis yang dibuat tidak dapat persis sama dengan mineral zeolit alam, walaupun zeolit sintetis mempunyai sifat fisik yang jauh lebih baik. Pada tahun tersebut merupakan titik awal penggunaan nyata bagi mineral zeolit alam untuk keperluan berbagai industri. Diharapkan dengan adanya berbagai penelitian mengenai zeolit alam diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah. (Dwi Karsa R.A, dkk, 2007)

Zeolit alam berasal dari muntahan material gunung berapi yang mengalami sedimentasi dan membeku menjadi batuan vulkanik. Akibat dari panas dan dingin, batuan tersebut mengalami pelapukan dan terbentuk lubang-lubang dari batuan basal (*traps rock*) dan butiran halus dari batuan piroklastik (*tuff*). Ada empat proses sebagai gambaran terjadinya zeolit, yaitu proses sedimentasi debu vulkanik pada lingkungan danau yang bersifat alkali, proses alterasi, proses diagenesis dan proses hidrotermal.

Mineral zeolit bukan mineral tunggal melainkan sekelompok mineral yang tersusun dari beberapa unsur. Zeolit merupakan kristal aluminosilikat dari elemen grup IA dan IIA seperti natrium, kalium, magnesium, dan kalsium. Secara kimia zeolit dapat ditulis dengan rumus empirik (Eli M.U, dkk, 2006) :



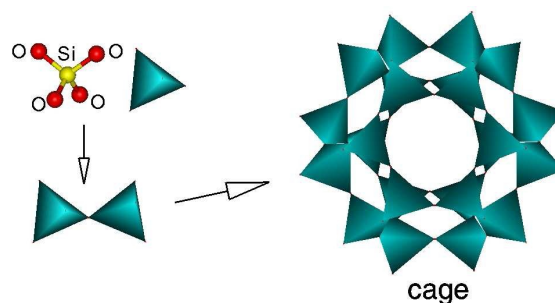
Dalam hal ini  $y$  adalah 2 atau lebih besar,  $n$  adalah valensi kation, dan  $w$  melambangkan air yang terkandung didalamnya. Jumlah molekul air menunjukkan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk ketika unit sel tersebut mengalami perlakuan pemanasan (aktivasi).

Zeolit adalah kelompok  $\text{X}_6$  yang dalam pengertian/penamaan bahan galian merupakan salah satu jenis bahan galian non logam atau bahan galian mineral industri dari 50 jenis yang ada. Sampai saat ini lebih dari 50 mineral pembentuk zeolit alam sudah diketahui, tetapi hanya sembilan di antaranya yang sering ditemukan, yaitu klinoptilolit, mordenit, analsim, khabasit, erionit, ferrierit, heulandit, laumontit dan filipsit. Dari hasil penyelidikan yang pernah dilakukan, jenis mineral zeolit yang terdapat di Indonesia adalah modernit dan klinoptilolit (Rhodie S, 2006).

Penggunaan mineral zeolit untuk berbagai keperluan penelitian semakin banyak. Berbagai perlakuan untuk meningkatkan kinerja adsorpsi dari mineral zeolit khususnya zeolit alam. Pemanfaatan zeolit saat ini sudah merambah hingga ke sektor industri, dengan memanfaatkan zeolit sebagai bahan pengolahan limbah industri. Dewasa ini pemanfaatan zeolit semakin maju dengan mengembangkan teknologi adsorben berbahan zeolit. Salah satu teknologi yang telah dikembangkan saat ini adalah *heat-generated cooling systems* yang mampu beroperasi layaknya mesin pendingin.

## B. Struktur Zeolit

Al, Si dan O merupakan ikatan ion pembentuk struktur zeolit sedangkan logam alkali merupakan kation yang mudah bertukar (*exchangeable cation*). Struktur zeolit adalah kompleks yaitu merupakan polimer kristal anorganik dengan kerangka kristal tetrahedral yang tersusun oleh  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$ , mengandung muatan positif dari ion-ion logam alkali dan alkali tanah. Zeolit memiliki struktur molekul yang unik, dimana setiap atom silikon dikelilingi oleh 4 atom oksigen sehingga membentuk jaringan dengan pola yang teratur seperti disajikan dalam Gambar 2.1. Struktur zeolit menyerupai sarang lebah dengan rongga-rongga yang saling berhubungan ke segala arah sehingga permukaan zeolit menjadi luas (Rhodie S, 2006).



**Gambar 2.1** Zeolit yang terbentuk dari 4 atom O yang mengelilingi 1 atom Si (Rhodie S, 2006)

Dalam susunan kristal zeolit terdapat dua jenis molekul air, yaitu molekul air yang terikat kuat dan molekul air yang bebas. Berbeda dengan struktur kisi kristal kwarsa yang kuat dan pejal, maka struktur kisi kristal zeolit terbuka dan mudah terlepas. Volume ruang hampa dalam struktur zeolit cukup besar kadang-kadang mencapai 50 Å, sedangkan garis tengah ruang hampa tersebut bermacam-macam, berkisar antara 2 Å hingga lebih dari 8 Å, tergantung dari jenis mineral zeolit yang bersangkutan (Dwi Karsa R.A, dkk, 2007).

### C. Proses Pengolahan Zeolit

Proses pengolahan zeolit secara garis besar sama seperti halnya pengolahan mineral lainnya. Pada umumnya terdapat dua tahap pengolahan, yaitu preparasi dan aktivasi. Tahap preparasi merupakan tahap persiapan dengan maksud untuk mendapatkan mineral zeolit yang siap olah. Tahap preparasi dalam pengolahan zeolit adalah tahap untuk mendapatkan material zeolit dalam ukuran yang lebih kecil dan tahap pengayakan untuk mendapatkan ukuran butiran yang seragam.

Tahap aktivasi merupakan tahap penghilangan molekul air bebas yang terdapat dalam mineral zeolit. Aktivasi zeolit dapat dilakukan dengan cara pemanasan atau penambahan pereaksi kimia baik asam maupun basa (Rhodie S, 2006) :

- (1) Aktivasi pemanasan, dilakukan zeolit dalam pengering putar menggunakan bahan umpan yang mempunyai kadar air sekitar 40%, dengan suhu tetap 230 °C dan waktu pemanasan selama tiga jam.
- (2) Penambahan pereaksi kimia, dilakukan di dalam bak pengaktifan dengan NaOH dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dimaksudkan untuk memperoleh temperatur yang dibutuhkan dalam aktivasi. Zeolit yang telah diaktivasi perlu dikeringkan terlebih dahulu, pengeringan ini dapat dilakukan dengan cara menjemurnya di bawah sinar matahari.

### D. Polyvinyl Alcohol (PVA)

Dalam proses pembuatan keramik biasa digunakan aditif untuk mempermudah proses pencetakan dan untuk membantu mengontrol *microstructure* dari material yang dihasilkan. Dalam proses pencetakan, additif memiliki berbagai fungsi antara lain sebagai binder, sebagai *plasticer*, *dispersants*, dan *lubricants*. Fungsi penting dari binder adalah untuk meningkatkan kekuatan dari keramik hasil pencetakan (Dwi Karsa R.A, dkk, 2007).

*Polyvinyl alcohol* (PVA) merupakan material yang sangat baik untuk pembentuk lapisan,

pengemulsi dan sebagai bahan perekat. Selain itu PVA juga berfungsi sebagai melumasi dan sebagai pelarut. PVA tidak berbau dan tidak beracun serta memiliki elastisitas yang tinggi dan fleksibel. PVA juga merupakan material yang terpengaruh oleh kelembaban, semakin lembab keadaan lingkungan PVA maka semakin banyak air yang akan terabsorpsi. PVA merupakan material yang memiliki kemampuan *plasticiser*, akan berkurang kemampuan daya rentangnya ketika keadaan lingkungan lembab, tapi akan menambah kemulurannya dan kekuatan basah. PVA sangat mudah untuk menyusut dan sebagai pelarut yang cepat. PVA memiliki titik leleh pada suhu  $230^{\circ}\text{C}$  dan pada suhu  $180\text{-}190^{\circ}\text{C}$  akan terhidrolisis sepenuhnya dengan perubahan hidrolisis secara parsial. Material ini akan terdekomposisi pada suhu diatas  $200^{\circ}\text{C}$  sehingga PVA mampu digunakan dalam proses pirolisis pada temperatur tinggi. PVA memiliki rumus kimia  $(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_x$ . (Wikipedia, 2007)

## E. Sifat Mekanik Bahan

### E.1 Gaya

Gaya adalah suatu pengaruh pada sebuah benda yang menyebabkan benda mengubah kecepatan benda atau bentuk suatu benda. Arah gaya adalah arah percepatan yang disebabkan jika gaya tersebut merupakan satu-satunya gaya yang bekerja pada sistem tersebut. Besarnya gaya merupakan hasil kali massa benda dan besarnya percepatan yang dihasilkan gaya. Dapat dituliskan dalam persamaan (2.1)

$$F = ma \quad (2.1)$$

Jika gaya  $F$  yang bekerja pada suatu benda dengan massa  $m$ , maka akan menghasilkan percepatan  $a$ . Gaya yang diperlukan untuk menghasilkan percepatan  $1 \text{ m/s}^2$  pada benda didefinisikan sebagai 1 Newton ( $N$ ).

### E.2 Tekanan

Setiap gaya yang bekerja pada permukaan suatu benda akan memberikan tekanan. Begitu juga jika gaya bekerja pada sebuah bidang, gaya tersebut akan memberikan tekanan. Selain pada zat padat, gaya juga menimbulkan tekanan pada fluida seperti zat cair dan gas. Tekanan yang ditimbulkan pada setiap wujud zat berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh besarnya gaya dan luas bidang tempat gaya bekerja

Tekanan didefinisikan sebagai gaya tekan yang diberikan pada satu satuan luas permukaan yang diberikan gaya tekan. Jadi bila sebuah gaya sebesar  $F$  bekerja pada sebuah bidang dengan luasan  $A$ , maka besarnya tekanan dapat dituliskan dalam persamaan (2.2)

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.2)$$

dengan:

$F$  = gaya yang diberikan terhadap bahan uji ( $N$ )

$A$  = besarnya luas penampang bahan sebelum dibebani ( $m^2$ )

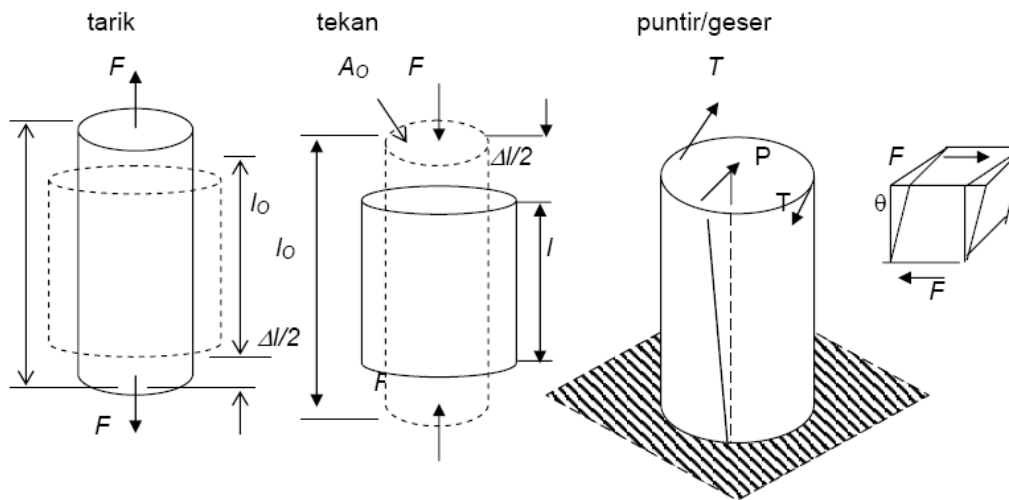
Karena tekanan ( $P$ ) adalah gaya persatuan luas, dituliskan newton per meter persegi ( $N/m^2$ ) dalam satuan SI. Nama lain SI untuk tekanan adalah pascal ( $Pa$ ):

$$Pa \equiv 1 N/m^2$$

### E.3 Pengujian Mekanik

Pengujian mekanik ditujukan untuk mensimulasikan pola pembebanan yang akan dialami oleh material tersebut pada kondisi operasi material keramik/komposit keramik. Dalam kaitannya terhadap sifat mekanik suatu bahan, terdapat dua parameter yang sering digunakan untuk menentukan besarnya kemampuan mekanik suatu yaitu uji tekan dan torsi.

Sifat mekanik suatu bahan berkaitan erat dengan kekuatan, kekerasan, keuletan dan kekakuan. Sifat mekanik bahan merupakan hubungan antara respon atau deformasi bahan terhadap beban yang bekerja. Bahan dapat dibebani dengan tiga cara, yaitu tarik, tekan dan geser.



**Gambar 2.2** Pola pembebanan terhadap bahan

Uji tekan merupakan uji standar terhadap suatu bahan hasil sintesis. Pada prinsipnya uji tekan mensimulasikan kemampuan suatu bahan uji untuk menahan besarnya gaya yang diberikan terhadapnya. Secara fisis besarnya tekanan dituliskan dalam persamaan (2.2)

## F. Sifat Akustik Bahan

### F.1 Gelombang Bunyi

Gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal yaitu gelombang yang arah getarnya sejajar dengan arah rambatnya. Gelombang bunyi termasuk dalam kategori gelombang mekanik, yakni gelombang yang memerlukan medium dalam perambatannya (Tipler, 1998).

Apabila gelombang bunyi merambat pada pipa berdinding kaku dengan panjang gelombang yang lebih besar dari jari-jari pipanya maka akan terbentuk muka gelombang bidang (Kinsler, dkk, 1982). Apabila salah satu ujung pipa tertutup, maka saat muka gelombang bunyi mencapai penutup, gelombang bunyi akan dipantulkan, diserap atau diteruskan. Besarnya nilai koefisien serapan (absorpsi), koefisien refleksi dan koefisien transmisi gelombang bunyi bergantung pada sifat material penghalang (penutupnya).

Tekanan gelombang bunyi dalam pipa dapat dinyatakan oleh persamaan (2.3) (Kinsler, dkk, 1982)

$$p = Ae^{j(\omega t - kx)} + Be^{j(\omega t + kx)} \quad (2.3)$$

Dimana  $A$  dan  $B$  berturut-turut adalah amplitudo gelombang datang dan gelombang pantul. Besarnya amplitudo gelombang datang dan gelombang pantul ditentukan oleh kondisi batas  $x$  yang merupakan jarak yang ditempuh oleh gelombang bunyi selama merambat,  $t$  adalah waktu yang diperlukan gelombang bunyi untuk merambat pada jarak  $x$ . Sedangkan  $\omega$  dan  $k$  masing-masing adalah frekuensi sudut gelombang dan bilangan gelombang.

### F.2 Impedansi Akustik

Impedansi akustik pada dasarnya merupakan ukuran hambatan yang diberikan oleh suatu medium terhadap rambatan gelombang bunyi. Secara umum, impedansi akustik pada suatu luasan didefinisikan sebagai perbandingan antara tekanan bunyi kompleks pada suatu permukaan ( $p$ ) terhadap kecepatan volume kompleks permukaan ( $U$ ), dituliskan dalam persamaan:

$$Z = \frac{p}{U} \quad (2.4)$$

Terdapat tiga macam impedansi yang masing-masing digunakan dalam perhitungan yang berbeda-beda. Tiga macam impedansi yaitu (Kinsler, dkk, 1982):

- 4 Impedansi akustik spesifik ( $z_s$ ) didefinisikan sebagai perbandingan antara tekanan dan kecepatan partikel ( $c$ ). Impedansi akustik spesifik digunakan untuk menentukan besarnya



transmisi gelombang bunyi dari satu medium ke medium lainnya. Perbandingan antara tekanan akustik dengan kecepatan gelombang bunyi menghasilkan impedansi karakteristik  $\rho_0 c$  dengan  $\rho_0$  merupakan kerapatan medium pada saat kesetimbangan ( $\text{kg/m}^3$ ) dan  $c$  merupakan kecepatan gelombang bunyi dalam medium ( $\text{m/s}^2$ ).

$$z_s = \frac{p}{c} = \rho_0 c \quad (2.5)$$

- 5 Impedansi akustik ( $Z$ ) didefinisikan sebagai perbandingan antara tekanan gelombang ( $P$ ) terhadap kecepatan volume ( $U$ ), dituliskan dalam persamaan (2.6)

$$Z = \frac{P}{U} \quad (2.6)$$

Impedansi akustik digunakan dalam kajian radiasi akustik dari suatu permukaan yang bergetar dan transmisi dari radiasi ini sepanjang impedansi akustik terbungkal atau sepanjang pipa. Impedansi akustik berhubungan dengan besarnya impedansi akustik spesifik pada suatu luasan permukaan ( $S$ ), dituliskan :

$$Z = \frac{z_s}{S} \quad (2.7)$$

- 6 Impedansi radiasi ( $Z_r$ ) didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya per kecepatan partikel. Impedansi radiasi digunakan untuk menentukan besarnya gelombang akustik yang tergabung dengan beban pembawa. Ini merupakan bagian dari impedansi mekanik  $Z_m$  yang dapat diasosiasikan dengan radiasi suara.

Dari persamaan (2.5), (2.6) dan (2.7) dapat dituliskan besarnya impedansi akustik ( $Z$ ) suatu gelombang bunyi dalam luasan tertentu, yaitu:

$$Z = \frac{p}{U} = \frac{z_s}{S} = \frac{1}{S} \frac{p}{c} = \frac{\rho_0 c}{S} \quad (2.8)$$

### F.3 Koefisien Refleksi dan Koefisien Transmisi Gelombang Bunyi

Jika suatu gelombang bunyi merambat pada suatu pipa yang ber dinding kaku dengan panjang gelombang lebih besar dari jari-jari pipa, maka akan terbentuk muka gelombang bidang. Jika salah satu ujung pipa tertutup, maka pada saat muka gelombang bunyi menncapai penutup, gelombang bunyi akan direfleksikan, diserap dan ditransmisikan. Besarnya nilai koefisien serapan, koefisien refleksi dan koefisien transmisi pada gelombang bunyi tergantung pada sifat material penghalang. Refleksi dan transmisi gelombang bunyi akan mengakibatkan perubahan impedansi akustik

(Kinsler, dkk, 1982).

Pada suatu posisi tertentu dimana  $x = 0$  terjadi perubahan impedansi akustik dari  $\frac{\rho_0 c}{S}$  menjadi  $Z_0$  dimana  $Z_0$  adalah impedansi pada posisi  $x = 0$ . jika gelombang merambat pada arah sumbu  $x$  positif, maka dapat dituliskan persamaan gelombang datang sebagai berikut :

$$p_i = Ae^{j(\omega t - kx)} \quad (2.9)$$

dan persamaan gelombang pantul adalah

$$p_r = Be^{j(\omega t + kx)} \quad (2.10)$$

yang merambat pada arah sumbu  $x$  negatif.

Superposisi dari persamaan gelombang datang dan gelombang pantul menghasilkan :

$$p = Ae^{j(\omega t - kx)} + Be^{j(\omega t + kx)} \quad (2.11)$$

dengan:

$j$  = bilangan imajiner  $= \sqrt{-1}$

$\omega$  = frekuensi sudut (rad/detik)

$k$  = bilangan gelombang  $= \omega/c$

$A$  = amplitudo tekanan akustik kompleks gelombang datang

$B$  = amplitudo tekanan akustik kompleks gelombang pantul

Jika  $U_i = \frac{p_i}{\rho_0 c / S}$ ,  $U_r = -\frac{p_r}{\rho_0 c / S}$ , dimana  $U_i$  dan  $U_r$  merupakan kecepatan volume gelombang

datang dan gelombang pantul. Sedangkan  $p_i$  dan  $p_r$  didapatkan dari persamaan (2.9) dan (2.10), yang merupakan tekanan bunyi gelombang datang dan gelombang, maka besarnya impedansi akustik ( $Z$ ) pada sembarang posisi didalam pipa adalah (Kinsler, dkk, 1982) :

$$\begin{aligned} Z &= \frac{p_i + p_r}{U_i + U_r} = \frac{Ae^{j(\omega t - kx)} + Be^{j(\omega t + kx)}}{\frac{p_i}{\rho_0 c / S} - \frac{p_r}{\rho_0 c / S}} = \frac{Ae^{j(\omega t - kx)} + Be^{j(\omega t + kx)}}{\frac{p_i - p_r}{\rho_0 c / S}} \\ &= \left( \frac{\rho_0 c}{S} \right) \frac{Ae^{j(\omega t - kx)} + Be^{j(\omega t + kx)}}{Ae^{j(\omega t - kx)} - Be^{j(\omega t + kx)}} \end{aligned} \quad (2.12)$$

dengan :

$U_i$  =kecepatan volume gelombang datang ( $m^3/s$ )

$U_r$  =kecepatan volume gelombang pantul ( $m^3/s$ )

$P_i$  =tekanan bunyi gelombang datang ( $Pa$ )

$P_r$  =tekanan bunyi gelombang pantul ( $Pa$ )

$P$  =superposisi tekanan bunyi gelombang datang dan pantul ( $Pa$ )

Pada saat  $t = 0$  maka besarnya impedansi akustik adalah :

$$Z = \frac{p_i + p_r}{U_i + U_r} = \left( \frac{\rho_0 c}{S} \right) \frac{Ae^{-jkx} + Be^{jkx}}{Ae^{-jkx} - Be^{jkx}} \quad (2.13)$$

pada posisi  $x = 0$ , maka impedansi akustik adalah :

$$Z_0 = \left( \frac{\rho_0 c}{S} \right) \frac{A + B}{A - B} \quad (2.14)$$

Perbandingan amplitudo gelombang pantul terhadap gelombang datang adalah:

$$\frac{B}{A} = \frac{Z_0 S - \rho_0 c}{Z_0 S + \rho_0 c} = \frac{Z_0 - \rho_0 c / S}{Z_0 + \rho_0 c / S} \quad (2.15)$$

Persamaan (2.15) merupakan koefisien refleksi ( $R$ ). Sedangkan koefisien transmisi ( $T$ ) adalah :

$$T = 1 - R = 1 - \frac{B}{A} = 1 - \frac{Z_0 - \rho_0 c / S}{Z_0 + \rho_0 c / S}$$

$$T = \frac{Z_0 + \rho_0 c / S - (Z_0 - \rho_0 c / S)}{Z_0 + \rho_0 c / S} = \frac{2\rho_0 c / S}{Z_0 + \rho_0 c / S} \quad (2.16)$$

#### F.4 Fungsi Pindah (*Transfer Function*)

Secara fisis fungsi pindah merupakan gambaran respon sistem terhadap masukan tertentu, dapat dinyatakan dalam bentuk perbandingan transformasi fourier tekanan akustik pada dua lokasi mikrofon yaitu tekanan pada mikrofon yang paling dekat sampel uji dibagi dengan tekanan pada mikrofon yang paling dekat sumber bunyi. Konsep fungsi pindah sangat bermanfaat dalam menentukan koefisien refleksi kompleks pada metode tabung impedansi dua mikrofon mengingat

koefisien refleksi tidak dapat diukur secara langsung apabila nilai koefisien refleksi dapat diketahui maka karakteristik akustik lainnya dapat diketahui.

Dengan memanfaatkan fungsi pindah, koefisien refleksi dapat ditentukan sebagai berikut (Kinsler, dkk, 1982):

$$R = \frac{H_1 - e^{-jks}}{e^{jks} - H_1} e^{j2k(l+s)} \quad (2.17)$$

Dari persamaan diatas,  $R$  adalah koefisien refleksi kompleks,  $H_1$  adalah fungsi pindah,  $k$  adalah bilangan gelombang,  $l$  adalah jarak sampel ke mikrofon terdekat,  $s$  adalah jarak antara kedua mikrofon. Fungsi  $e^{-jks}$  dan  $e^{jks}$  masing-masing disebut fungsi pindah gelombang datang  $H_i$  dan fungsi pindah gelombang refleksi  $H_r$ .

Dengan demikian persamaan (2.17) dapat ditulis kembali sebagai berikut :

$$R = \frac{H_1 - H_i}{H_r - H_1} e^{j2k(l+s)} \quad (2.18)$$

## F.5 Koefisien Serapan Bunyi

Koefisien serapan bunyi biasanya dinotasikan dengan  $\alpha$ , mempunyai nilai desimal antara 0 sampai 1,0. koefisien serapan bunyi bergantung secara dinamis pada frekuensi bunyi dan sudut yang dibentuk oleh gelombang bunyi yang datang dan garis normal permukaan medium (Bell, 1994).

Koefisien serapan bunyi pada permukaan bidang dinyatakan sebagai perbandingan dari energi yang diserap terhadap energi yang datang. Hubungan tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan (2.19) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \alpha_\theta &= 1 - \left| \frac{B}{A} \right|^2 \\ &= 1 - |R|^2 \end{aligned} \quad (2.19)$$

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3. Waktu dan Tempat Pelaksanaan**

Penelitian ini dilakukan selama 6 bulan, mulai dari Oktober 2008-Februari 2009. Proses penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pusat Sub. Lab. Fisika. Sedangkan proses uji mekanik dilakukan di lab. Material Testing Fakultas Teknik Mesin UGM.

#### **4. Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan untuk pembuatan zeolit keramik dengan metode padatan adalah :

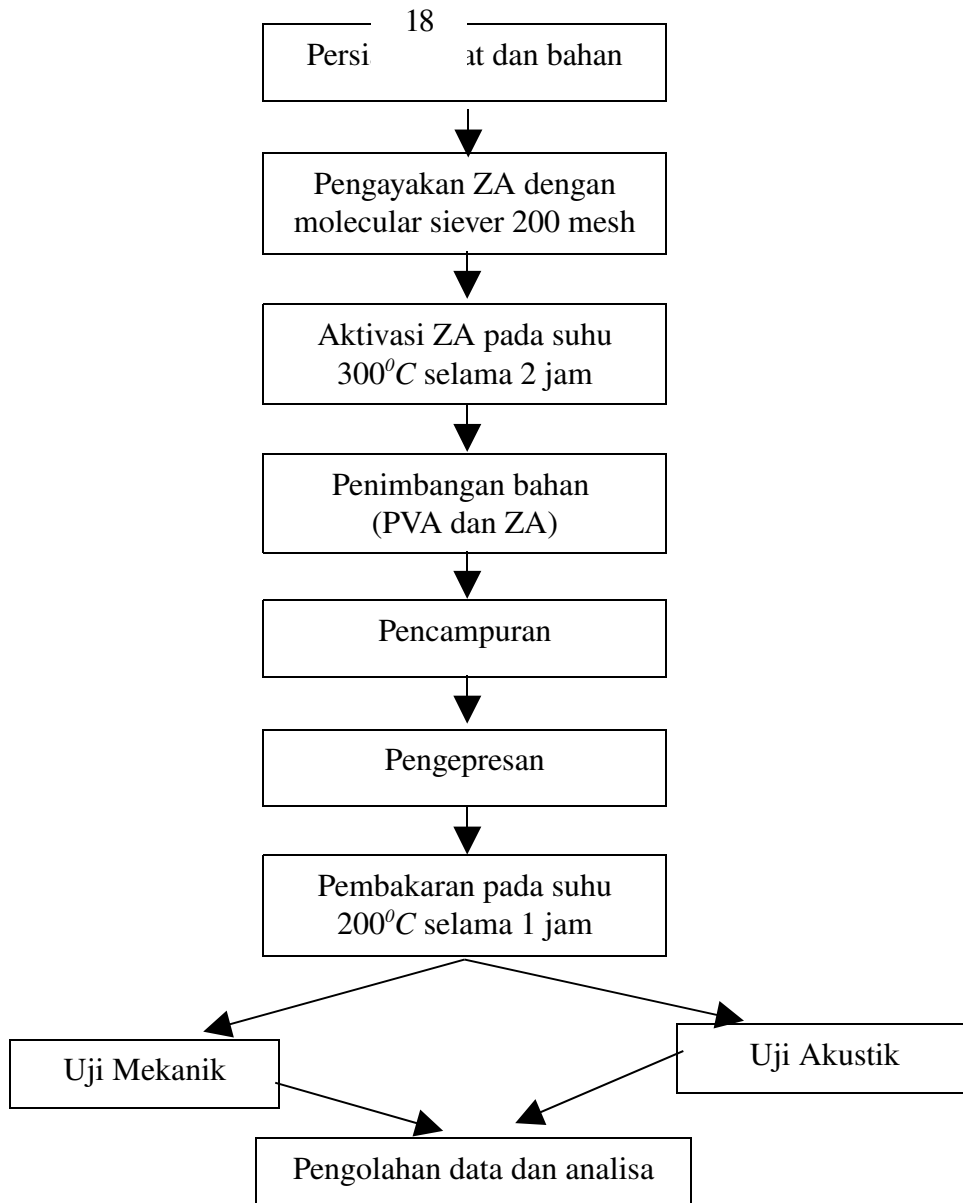
5. Neraca Digital OHAUS dengan ketelitian 0,1 miligram
6. *Furnace* (tungku pemanas)
7. Tadona 5, TA-243 bras round sieve (aparature : 0,075, mesh no. : 200)
8. Cetakan dengan diameter cetakan 4 cm
9. Alat pengepres dengan kekuatan berkisar 10 ton
10. Wadah pencampur
11. Alat uji akustik Tabung Impedansi B&K 4206 berbasis ASTM E 1050-
- 98.
12. Alat uji mekanik Tarnotest

Bahan yang digunakan untuk pembuatan zeolit keramik dengan metode padatan adalah :

- 6 Zeolit alam (ZA) dalam bentuk bubuk (*powder*) berasal dari Gunung Kidul Yogyakarta.

### 13. Metode Penelitian

Metode padatan pada prinsipnya adalah mencampur secara langsung bahan-bahan yang digunakan untuk sintesis sampai campuran menjadi benar-benar homogen. Pelaksanaan kegiatan untuk mendapatkan zeolit keramik ditampilkan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1.** diagram alir tahap penelitian

Penjelasan dari Gambar 3.1 adalah sebagai berikut :

#### C.1. Persiapan Alat dan Bahan

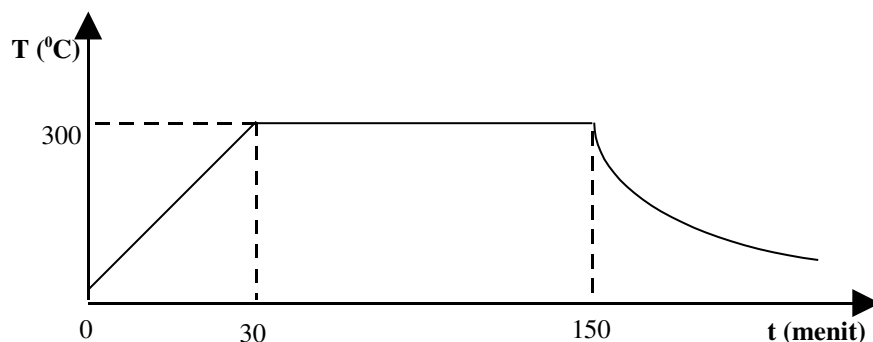
Bahan ZA diperoleh dari distributor zeolit yang ada di daerah Klaten, dengan asal daerah mineral zeolit dari Gunung Kidul Yogyakarta. Bahan zeolit yang diperoleh sudah berupa *powder*. Sedangkan bahan PVA diperoleh di Lab. Material FMIPA Fisika UNS. Alat-alat pembuatan zeolit keramik sebagian besar sudah tersedia di Lab. Pusat UNS Sub. Lab. Fisika.

## C.2 Pengayakan

Proses ini dimaksudkan untuk mendapatkan butiran zeolit hingga ukuran butiran  $\leq 200$  mesh (0,075 mm). Penyesuaian ukuran butiran ini dikondisikan dengan adanya *molecular siever* dengan ukuran ayakan terkecil. Dengan ukuran butiran semakin kecil proses pencampurannya semakin mudah. Selain itu semakin kecil ukuran butiran, semakin baik sifat mekanik dari bahan yang akan dicampur. Pengayakan dilakukan di Lab. Mekanika Tanah jurusan Teknik Sipil UNS.

## C.3 Aktivasi

Zeolit hasil pengayakan kemudian diaktivasi dengan memanaskan *powder* zeolit tersebut didalam *furnace*. Pemanasan dilakukan pada suhu tetap  $300^{\circ}\text{C}$  dengan waktu pemanasan suhu tetap selama 2 jam. Trayek aktivasi dengan pembakaran di dalam *furnace* dapat ditunjukkan pada Gambar 3.2



**Gambar 3.2** Trayek pembakaran aktivasi ZA

## C.4 Penimbangan

Proses penimbangan ini menggunakan neraca digital OHAUS dengan ketelitian hingga 0,1 miligram. PVA dan zeolit masing-masing ditimbang disesuaikan dengan perbandingan dan berat total dari material yang akan dibuat. Berat total dari material yang akan dibuat  $\pm 10$  gram dengan perbandingan PVA:ZA bervariasi, yaitu 1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3 dan 8:2.

## C.5 Pencampuran

Pencampuran dilakukan dengan mengaduk bahan didalam suatu wadah selama  $\pm 30$  menit.

Proses pengadukan ini diambil dimaksudkan agar ukuran dari bahan tidak berubah. Hal ini dilakukan untuk menjaga homogenitas dari bahan.

Untuk komposisi campuran dari 8 variasi komposisi PVA dan ZA ditunjukkan pada Tabel 3.1

**Tabel 3.1** Komposisi campuran bahan

Sampel	PVA (% massa)	ZA (% massa)
Sampel A	10	90
Sampel B	20	80
Sampel C	30	70
Sampel D	40	60
Sampel E	50	50
Sampel F	60	40
Sampel G	70	30
Sampel H	80	20

Besarnya komposisi PVA dan ZA dapat dihitung menggunakan persamaan (3.1):

$$C_1 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \times 100\%$$

$$C_2 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \times 100\% \quad (3.1)$$

dengan :

$m_1$  = massa bahan I (gram)

$m_2$  = massa bahan II (gram)

$C_1, C_2$  = komposisi bahan I dan II (%massa)

$m_1 + m_2$  = massa total bahan penyusun (gram)

## C.6 Pencetakan

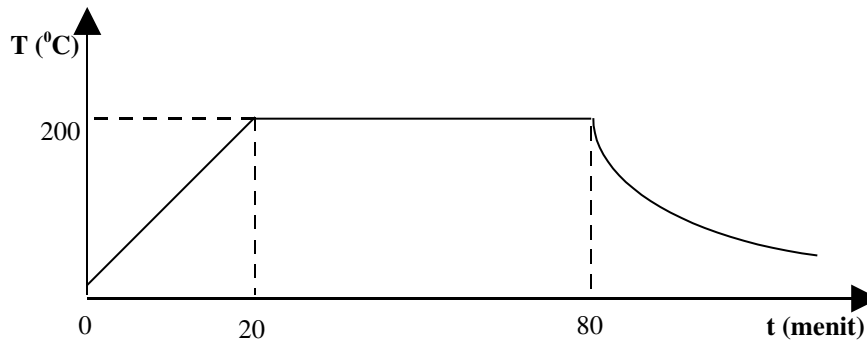
Campuran hasil pengadukan kemudian dicetak menggunakan alat pengepres berkekuatan 10 ton. Cetakan berupa besi dengan diameter dalam 4 cm. Proses pencetakannya dilakukan dengan menempatkan campuran didalam cetakan, kemudian dipress sekuat mungkin dan didiamkan selama  $\pm 5$  menit.



## C.7 Pembakaran

Sampel hasil cetakan kemudian dibakar pada suhu tetap  $200^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam. Pembakaran dimaksudkan untuk mereaksikan PVA dengan zeolit, mengingat fungsi dari PVA adalah sebagai *binder*.

Trayek pembakaran sampel hasil cetakan ditunjukkan pada Gambar 3.3



**Gambar 3.3** Trayek pembakaran sampel hasil cetakan

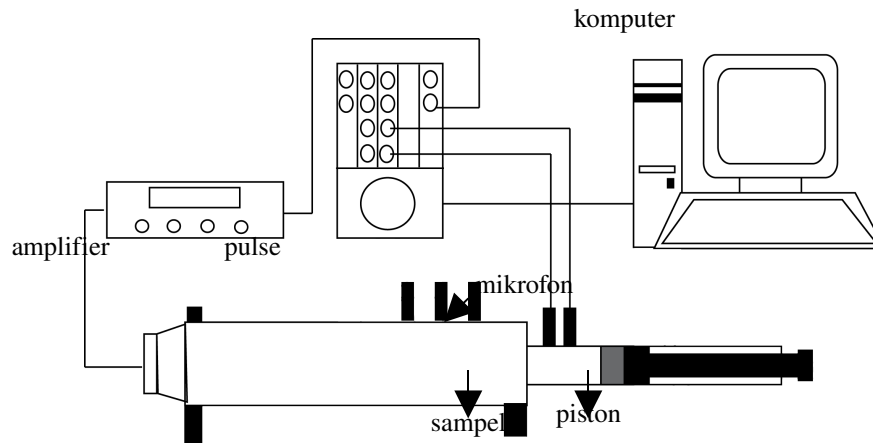
## C.8 Uji Karakteristik

### C.8.1 Uji Akustik

Uji akustik dilakukan di Sub. Lab. Fisika Lab. Pusat UNS. Alat uji akustik yang digunakan berupa *Impedance Tube* dengan tipe ASTM E 1050-98. Sebelum sampel diuji, terlebih dahulu melakukan penyesuaian ukuran antara sampel dengan alat uji akustik. Sampel yang akan diuji menggunakan tabung impedansi dengan diameter  $\pm 2,9$  cm. Uji akustik ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan absorpsi dari sampel yang telah dibuat.

Prosedur ASTM E1050-98 merupakan metode standar untuk menghitung perhitungan koefisien serapan akustik bahan dengan menggunakan teknik dua mikrofon dan sistem kontrol frekuensi digital (Iwan Y, 2006)

Proses pengambilan data absorpsi dimulai dengan melakukan *set up* alat seperti pada Gambar 3.4



**Gambar 3.4** *Set up* alat uji karakteristik akustik sampel ukuran 2,9 cm

Kemudian pulse, amplifier dan komputer dinyalakan. Selanjutnya mengatur menu *software material testing* pada komputer. Sebelum alat digunakan, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi dengan mengatur *signal to noise ratio (S/N ratio)* dan memastikan bahwa signal yang ada pada tabung impedansi paling tidak 10 dB lebih besar dibanding bising lingkungan (*ambient noise*). Kemudian mengkalibrasi fungsi pindah dengan cara meletakkan *specimen* absortif dengan *specimen* sampel yang akan diteliti. Pengukuran fungsi pindahnya dilakukan dengan mikrofon berada pada posisi awal (Endang R, 2003).

### C.8.2 Uji Mekanik

Uji mekanik dilakukan di lab. Material jurusan Teknik Mesin UGM. Uji dilakukan dengan menekan sampel menggunakan alat uji tekan. Uji ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa besar beban yang mampu ditahan oleh sampel yang telah dibuat. Uji mekanik menggunakan alat uji mekanik *tarnotest*.

Uji mekanik diawali dengan menempatkan beban uji dengan berat beban 100 kN. Beban uji disesuaikan dengan besarnya beban yang diberikan ketika dilakukan pengepresan yaitu 10 ton. Kemudian sampel uji ditempatkan tepat ditengah-tengah pengepres dari alat *tarnotest*. Mengatur skala dengan menempatkan jarum penunjuk skala pada posisi nol. Menyalakan alat *tarnotest* dan kemudian menekan secara perlahan sampel uji hingga sampel tidak mampu menahan beban yang diberikan dengan ditandai timbulnya retakan pada sampel uji. Hasil dari uji mekanik berupa besarnya gaya yang digunakan untuk menekan sampel hingga sampel rusak. Hasil dari uji mekanik kemudian digunakan untuk menghitung besarnya tekanan dengan menggunakan

persamaan (2.2)

## **BAB IV**

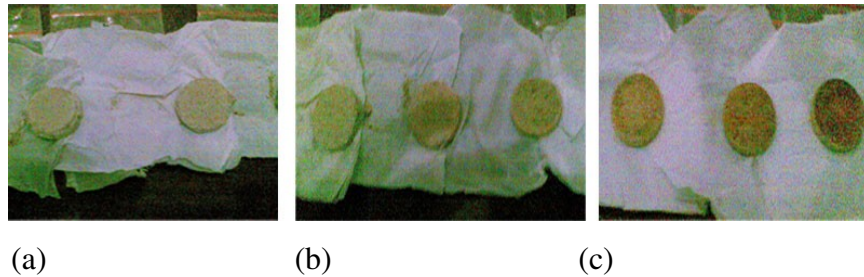
### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Pembuatan Zeolit Keramik**

Metode padatan belum banyak digunakan khususnya dalam kasus pembuatan keramik berbasis zeolit alam. Proses yang sering digunakan untuk melakukan sintesis keramik yaitu dengan metode *sol-gel*. Pada penelitian ini proses pencampuran menggunakan metode padatan. Proses yang dilakukan yaitu dengan mencampurkan bahan zeolit alam dan *polyvinyl alcohol* (PVA) didalam suatu wadah dan mengaduknya selama  $\pm 30$  menit. Proses pengadukan dipilih dimaksudkan untuk menjaga ukuran butiran zeolit dengan harapan didapatkan material zeolit keramik dengan pori-pori yang homogen.

Penggunaan *binder* PVA dalam penelitian ini berfungsi sebagai bahan perekat zeolit. Selain itu PVA juga berfungsi sebagai pembentuk pori-pori zeolit keramik yang dibuat. Hilangnya PVA dalam proses pembakaran akibat terdekomposisi menghasilkan rongga-rongga pada zeolit keramik yang dibuat. Pembakaran dilakukan pada suhu  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  yang merupakan suhu mulai dekomposisi PVA.

Pengaruh penambahan PVA terlihat ketika sampel telah dibakar. Semakin banyak PVA yang terkandung dalam komposisi, semakin gelap warna sampel hasil pembakaran. Ini dikarenakan PVA memiliki ikatan karbon, berwarna gelap ketika dibakar. Saat proses pembakaran terjadi, karbon dalam komposisi PVA akan terbakar seiring terdekomposisinya PVA dalam campuran. Hasil pembakaran ditunjukkan pada Gambar 4.1.



25

**Gambar 4.1** Sampel hasil pembakaran pada suhu 200 °C selama 1 jam, (a) sampel PVA 10-20 %massa (b) sampel PVA 30-50 %massa (c) sampel PVA 60-80 %massa

## B. Uji Mekanik

Sifat-sifat mekanik dari keramik dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Ukuran butir
2. Kemurnian
3. Homogenitas
4. Laju kenaikan suhu pemanasan

Semakin kecil ukuran butir akan memberikan kekuatan mekanik yang baik. Selain ukuran butir, kekuatan mekanik juga ditentukan oleh kemurnian dan komposisi bahan penyusunnya. (Akhmad K, 2008)

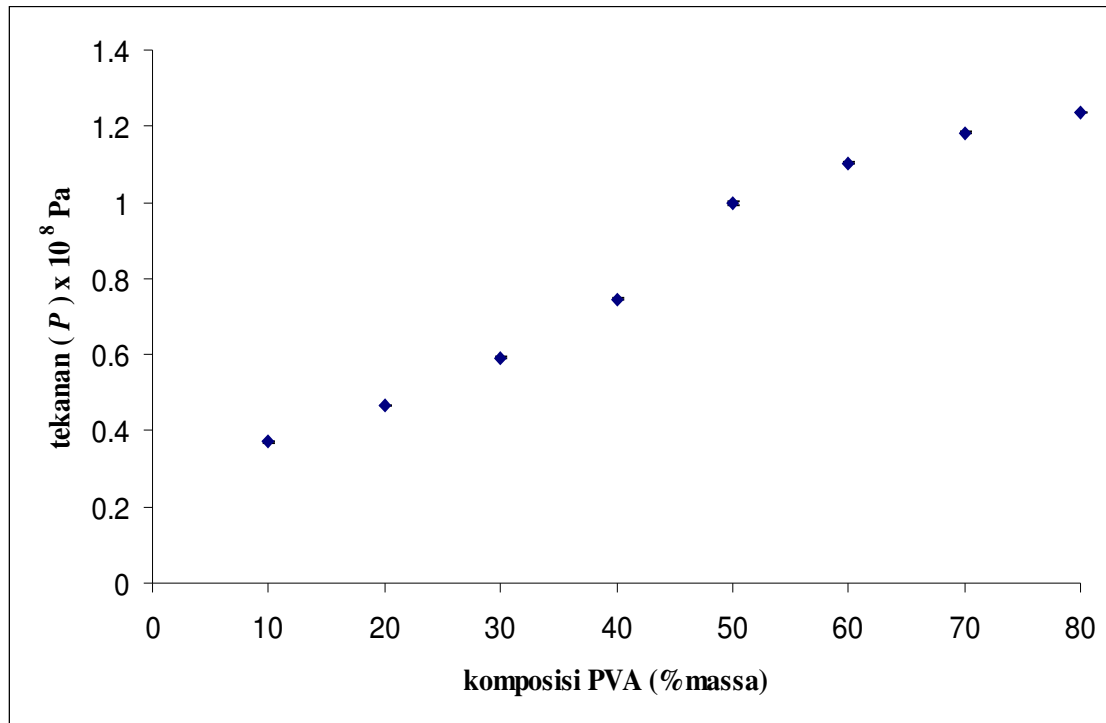
Data hasil uji mekanik ditunjukkan pada tabel 4.1 dan penjabaran perhitungan menggunakan persamaan pada lampiran II.

**Tabel 4.1.** Hasil uji mekanik

Sampel uji	PVA : ZA	$F ( \times 10^4 \text{ N } )$	$P ( \times 10^8 \text{ Pa } )$
A	1:9	2,40±0,01	0,371±0,002
B	2:8	3,02±0,01	0,467±0,002
C	3:7	3,86±0,01	0,593±0,002
D	4:6	4,85±0,01	0,747±0,002
E	5:5	6,54±0,01	0,998±0,003
F	6:4	7,18±0,01	1,104±0,002

G	7:3	7,72±0,01	1,184±0,002
H	8:2	8,08±0,01	1,236±0,002

Untuk menghitung besarnya tekanan ( $P$ ) menggunakan persamaan (2.2). Besarnya luasan berupa luasan permukaan dari sampel yang telah dibuat. Hasil dari uji tekan berupa grafik hubungan antara tekanan dan sampel dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



**Gambar 4.2** Hasil uji tekan dengan beban uji 100 kN

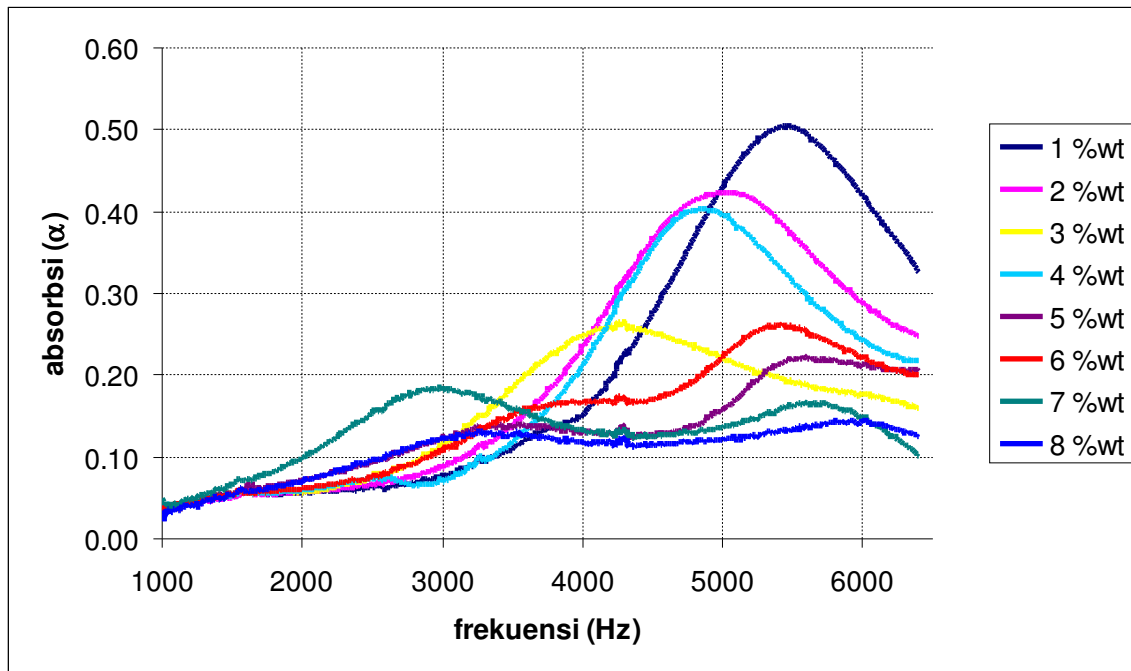
Dari hasil uji tekan terlihat bahwa besarnya tekanan meningkat seiring dengan besarnya komposisi PVA yang ditambahkan pada sampel. Sesuai dengan prediksi awal bahwa penambahan PVA akan menambah sifat mekanik dari sampel yang dicetak. Sebagaimana disebutkan bahwa PVA berpengaruh pada ikatan antar *powder* zeolit. Dengan penambahan PVA, ikatan antar *powder* zeolit semakin kuat sehingga menambah sifat mekanik sampel. Grafik pada Gambar 4.2 memperlihatkan tekanan terendah yang diberikan terhadap sampel hingga sampel rusak adalah pada sampel dengan komposisi PVA 10 %massa dengan besarnya tekanan  $(0,371 \pm 0,003) \times 10^8$  Pa. Sedangkan tekanan tertinggi yang diberikan hingga sampel rusak terlihat pada sampel dengan komposisi PVA 80 %massa dengan besarnya tekanan  $(1,236 \pm 0,002) \times 10^8$  Pa.

### C. Uji Akustik

Teknik yang digunakan pada pengujian ini adalah teknik tabung impedansi dua mikrofon.

Teknik ini dipilih karena lebih mudah dan cepat. Dengan teknik tabung impedance dua mikrofon, dapat diperoleh data dari fungsi pindah yang mampu direkam oleh kedua mikrofon pada posisi berbeda, yaitu fungsi pindah gelombang datang,  $H_i$ , dan fungsi pindah gelombang pantul,  $H_r$ . Sehingga data yang diperoleh dapat langsung digunakan untuk menghitung besarnya koefisien absorpsi akustik. Data hasil uji akustik dapat ditunjukkan pada lampiran III.

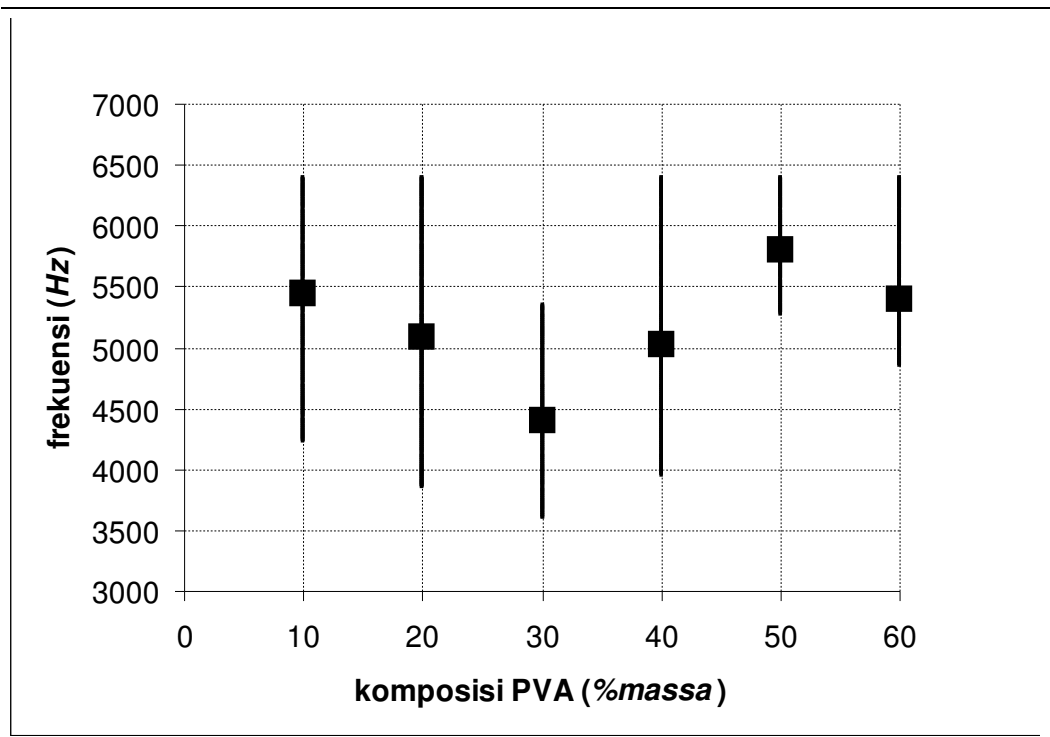
Dari hasil pengujian diperoleh grafik seperti pada Gambar 4.3



**Gambar 4.3.** Hasil uji akustik pada rentang frekuensi 1000-6000 Hz

Dari hasil uji akustik dapat diketahui bahwa absorpsi akustik tertinggi terdapat pada sampel uji dengan komposisi PVA 10 %massa dengan absorpsi maksimum  $\alpha = 0,505$  pada frekuensi 5424 Hz, sedangkan absorpsi akustik terendah pada sampel uji komposisi PVA 80 %massa dengan  $\alpha = 0,144$  pada frekuensi 5848 Hz. Penambahan PVA menambah kerapatan sampel yang dibuat, sehingga keramik hasil sintesis memiliki pori-pori yang lebih sedikit, menyebabkan hanya sedikit gelombang bunyi yang mampu diserap oleh keramik hasil sintesis.

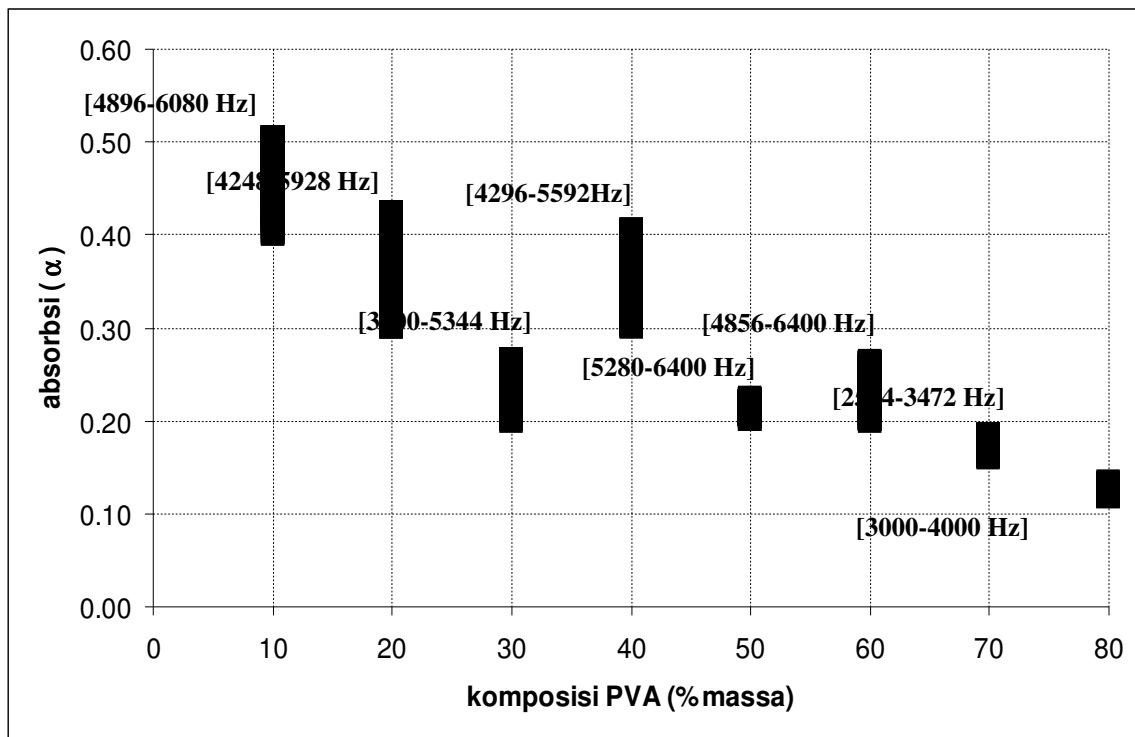
Dari hasil uji akustik, dapat disajikan *range* frekuensi masing-masing komposisi PVA dengan *base line* lebih besar dari 0,2. Dapat ditunjukkan pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Grafik *range* frekuensi dengan *base line* absorpsi lebih dari 0,2 terhadap komposisi PVA

Pada Gambar 4.4 terlihat bahwa sampel dengan kemampuan absorpsi lebih dari 0,2 dimiliki oleh sampel dengan komposisi PVA antara 10-60 %massa, sedangkan sampel dengan komposisi PVA 70 %massa dan 80 %massa tidak memiliki absorpsi akustik lebih dari 0,2 (20%). Dari gambar 4.4 terlihat bahwa sampel hasil sintesis mampu memberikan absorpsi terbaik pada *range* frekuensi tinggi, yaitu antara 3500-6500 Hz.

Untuk memperjelas kemampuan absorpsi akustik terhadap komposisi PVA, maka dapat digambarkan grafik *range* absorpsi akustik terbaik masing-masing komposisi PVA seperti pada Gambar 4.5



**Gambar 4.5** Grafik *range* absorpsi terbaik terhadap komposisi PVA pada rentang frekuensi 1000-6500 Hz

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa kemampuan absorpsi relatif menurun terhadap besarnya komposisi PVA. Secara keseluruhan absorpsi terendah dimiliki oleh sampel uji dengan komposisi PVA 80 %massa dengan *range* absorpsi antara 0,10-0,12 pada range frekuensi antara 3000-4000 Hz. Sedangkan absorpsi tertinggi dimiliki oleh sampel uji dengan komposisi PVA 10 %massa dengan *range* absorpsi 0,400-0,505 pada *range* frekuensi antara 4896-6080 Hz.

## BAB V

## PENUTUP



## A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode padatan dalam proses sintesis keramik pada prinsipnya adalah mencampur seluruh bahan penyusun keramik tanpa penambahan bahan kimia lain.
2. Secara fisis sampel hasil sintesis menunjukkan perubahan warna terhadap banyaknya komposisi PVA dalam campuran. Semakin banyak komposisi PVA semakin gelap sampel hasil sintesis.
3. Banyaknya komposisi PVA berpengaruh terhadap kuat tekan sampel. Kuat tekan tertinggi dimiliki oleh sampel dengan komposisi PVA 80 %massa dengan besar kuat tekan  $(1,236 \pm 0,002) \times 10^8$  Pa.
4. Kemampuan absorpsi akustik ( $\alpha$ ) relatif menurun terhadap besarnya komposisi PVA dalam campuran. Absorpsi akustik tertinggi dimiliki oleh sampel dengan komposisi PVA 10 %massa dengan  $\alpha = 0,505$  pada frekuensi 5424 Hz.

## B. Saran

Penelitian ini merupakan penelitian awal dengan tujuan hasil yang diperoleh dapat menjadi acuan terhadap penelitian lanjutan. Sehingga perlu kiranya untuk melakukan optimasi beberapa parameter, seperti suhu dan waktu dekomposisi PVA, parameter waktu pada proses pencampuran bahan dan ukuran butiran pada proses pengayakan ZA.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad K, 2008, *Pengaruh Gaya Kompaksi Pada Kuat Tekan Produk Gelas-Zeolit Yang Akan Digunakan Untuk Imobilisasi Limbah Radioaktif*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengolahan Limbah IV:195-200. [ISSN1410-6086].  
[www.batan.go.id/ptlr/08id/files/u1/sntpl16/25\\_Akhmad\\_K.pdf](http://www.batan.go.id/ptlr/08id/files/u1/sntpl16/25_Akhmad_K.pdf) [Maret 2009]
- Bell, Lewis H, Douglas H. Bell. 1994, *Industrial Noise Control Fundamentals and Applications*. Second edition. Marcel Dekker inc., New York.
- Dwi Karsa R.A, Gitranda W, Nugroho PA. 2007. *Pembuatan Adsorben Dari Zeolit Alam Dengan Karakteristik Adsorption Properties Untuk Kemurnian Bioetanol*. Laporan akhir penelitian bidang energi: ITB Bandung.

- Eli M.U, Fani A.Y, Istadi, 2006, *Optimasi Pembuatan Katalis Zeolit X dari Tawas, NaOH dan Water Glass Dengan Response Surface Methodology*, Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis 1(3):26-32.
- Endang R, 2003, *Uji Karakterisasi Material Akustik Berbahan Dasar Sabut Kelapa dengan Metode Tabung Impedansi Dua Mikrofon* [skripsi]. Surakarta, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UNS.
- Herry R.E., 2008, *Potensi dan Pemanfaatan Zeolit di Provinsi Jawa Barat dan Banten*, Kelompok Kerja Mineral, Pusat Sumber Daya Geologi (PMG). <http://www.dim.esdm.go.id> [ 5 Mei 2008]
- Iwan Y, 2006. *Analisis Kinerja penghalang Bising Cerdas dengan Rancangan Sel Akustik Tergandeng Berbahan Dasar Komposit Limbah Serbuk Gergaji-polypropylene-Karet Alam*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing, UNS.
- Jia Meng-dong, Richard D. Noble, John L. Falconer, 1995, *Ceramic-Zeolite Composite Membranes and Use For Separation Of Vapor/Gas Mixtures*, US Patent, [www.freepatentsonline.com/5464798.html](http://www.freepatentsonline.com/5464798.html). [23 Desember 2008]
- Kinsler, Lawrence E., Austin R. Frey, Alan B. Coppens, James V. Sanders. 1982. *Fundamental of Acoustics*. John Wiley & Sons, New York.
- Pain, HJ, 1987, *The Physics of Vibrations and Wave*, 3 rd edition, John Wiley & Sons, London.
- Rodhie S, 2006, *Pemanfaatan Zeolit Sintesis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri*. Artikel, UGM. <http://warmada.staf321.ac.id/Articles/rodhie-zeolit.pdf> [19 Juli 2008]
- Tipler, Paul A., 1998, *Fisika Untuk Sains dan Teknik (alih bahasa oleh Dra. Lea Prasetyo, M.Sc.)*, jilid 1, edisi ketiga, Erlangga, Jakarta.
- van der Eerden, F.J.M, 2000, *Sound Absorption and Reflection with Coupled Tubes*, 3<sup>rd</sup> B2000 Workshop, University of Twente, Enschede, The Netherlands.
- Wikipedia, 2007, *Polyvinyl Alcohol*, free encyclopedia. [http://en.wikipedia.org/wiki/Polyvinyl\\_alcohol](http://en.wikipedia.org/wiki/Polyvinyl_alcohol) [23 Desember 2008]

## LAMPIRAN I

### DATA SAMPEL

#### PVA:ZA = 1:9

tebal(cm)	diameter(cm)	massa(gram)
0,561	2,85	4,7755
0,564	2,89	4,7688
0,561	2,88	4,7690
0,560	2,86	4,7693
0,566	2,88	4,7700
0,565	2,88	4,7692
0,563	2,86	4,7697
0,560	2,87	4,7659
0,560	2,86	4,7660
0,564	2,87	4,7661

#### PVA:ZA = 2:8

tebal(cm)	diameter(cm)	massa(gram)
0,550	2,85	4,8308

0,551	2,88	4,8311
0,554	2,87	4,8301
0,551	2,88	4,8308
0,555	2,86	4,8308
0,554	2,86	4,8288
0,551	2,88	4,8305
0,552	2,89	4,8303
0,553	2,88	4,8304
0,555	2,86	4,8304

#### PVA:ZA = 3:7

tebal(cm)	diameter(cm)	massa(gram)
-----------	--------------	-------------

0,611	2,864	4,9243
0,609	2,889	4,9246
0,602	2,882	4,9239
0,611	2,873	4,9232
0,614	2,876	4,9246
0,613	2,862	4,9239
0,608	2,876	4,9239
0,607	2,863	4,9241
0,613	2,876	4,9243
0,610	2,877	4,9236

#### PVA:ZA = 4:6

tebal(cm)	diameter(cm)	massa(gram)
0,581	2,88	4,8884
0,584	2,88	4,8883
0,586	2,87	4,8881
0,584	2,88	4,8882
0,582	2,87	4,8882
0,580	2,87	4,8882
0,585	2,88	4,8882
0,588	2,87	4,8882
0,585	2,88	4,8883
0,582	2,87	4,8885

#### PVA:ZA = 7:3

tebal(cm)	diameter(cm)	massa(gram)
0,587	2,87	5,2259
0,593	2,88	5,2261
0,595	2,89	5,2266
0,599	2,88	5,2269
0,592	2,88	5,2273
0,592	2,88	5,2275
0,594	2,88	5,2260
0,596	2,89	5,2263
0,591	2,88	5,2259
0,591	2,89	5,2259

#### PVA:ZA = 5:5

tebal(cm)	diameter(cm)	massa(gram)
0,565	2,90	4.9966
0,573	2,89	4.9970
0,572	2,88	4.9971
0,562	2,90	4.9970
0,574	2,88	4.9969
0,565	2,88	4.9967
0,555	2,88	4.9968
0,555	2,90	4.9969
0,565	2,88	4.9968
0,572	2,89	4.9968

#### PVA:ZA = 6:4

tebal(cm)	diameter(cm)	massa(gram)
0,579	2,87	5,0663
0,588	2,88	5,0665
0,582	2,89	5,0669
0,585	2,88	5,0670
0,582	2,87	5,0674
0,584	2,88	5,0675
0,583	2,88	5,0681
0,587	2,87	5,0686
0,588	2,88	5,0689
0,598	2,88	5,0688

#### PVA:ZA = 8:2

tebal(cm)	diameter(cm)	massa(gram)
0,602	2,90	5,4067
0,607	2,89	5,4067
0,603	2,88	5,4043
0,610	2,88	5,4042
0,604	2,88	5,4038
0,603	2,89	5,4035
0,610	2,89	5,4043
0,615	2,88	5,4040
0,607	2,88	5,4044
0,604	2,88	5,4039

Ketidakpastian diameter

$$d = \bar{d} \pm \Delta d$$

$$\bar{d} = \frac{\sum d_i}{n}$$

$$\Delta d = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d})^2}{n(n-1)}}.$$

## LAMPIRAN II

### HASIL UJI MEKANIK

Hasil Uji Mekanik

Sampel uji	PVA : ZA	$F ( \times 10^4 \text{ N } )$	$P ( \times 10^8 \text{ N/m}^2 )$
A	1:9	2,40±0,01	0,371±0,002
B	2:8	3,02±0,01	0,467±0,002
C	3:7	3,86±0,01	0,593±0,002
D	4:6	4,85±0,01	0,747±0,002
E	5:5	6,54±0,01	0,998±0,003
F	6:4	7,18±0,01	1,104±0,002
G	7:3	7,72±0,01	1,184±0,002
H	8:2	8,08±0,01	1,236±0,002

Perhitungan :

\*Perhitungan tekanan ( $P$ )

$$P = \frac{F}{A}$$

Ketidakpastian tekanan

$$\Delta P = \sqrt{\left(\frac{dP}{dF}\right)^2 \times \Delta F^2 + \left(\frac{dP}{dA}\right)^2 \times \Delta A^2}$$

$$\Delta P = \sqrt{\left(\frac{1}{A}\right)^2 \times \Delta F^2 + \left(-\frac{F}{A^2}\right)^2 \times \Delta A^2}$$

\*Perhitungan Luas ( $A$ )

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

Ketidakpastian Luas

$$\Delta A = \frac{dA}{dd} \times \Delta d$$

$$\Delta A = 2 \times \frac{\pi d}{4} \times \Delta d$$

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{2 \times \frac{\pi}{4} d \times \Delta d}{\frac{\pi}{4} d^2}$$

$$\frac{\Delta A}{A} = 2 \times \frac{\Delta d}{d}$$

$$\Delta A = 2 \times \frac{\Delta d}{d} \times A$$

## LAMPIRAN III

### HASIL UJI AKUSTIK

[illegible]

---

1336	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1344	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
1352	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05
1360	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05
1368	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05
1376	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05
1384	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05
1392	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05
1400	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05
1408	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05
1416	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05
1424	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05
1432	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05
1440	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05
1448	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05
1456	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05
1464	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05
1472	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05
1480	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05
1488	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05
1496	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05
1504	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.07	0.05
1512	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.07	0.05
1520	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.07	0.06
1528	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.05
1536	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.07	0.06
1544	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
1552	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
1560	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
1568	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
1576	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
1584	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
1592	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
1600	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
1608	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
1616	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
1624	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06
1632	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06
1640	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
1648	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.07	0.06
1656	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
1664	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
1672	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
1680	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06
1688	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06
1696	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06

---



---

1704	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06
1712	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.08	0.06
1720	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06
1728	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.08	0.06
1736	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06
1744	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06
1752	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06
1760	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06
1768	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06
1776	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06
1784	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06
1792	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06
1800	0.06	0.05	0.06	0.06	0.07	0.06	0.08	0.06
1808	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06
1816	0.06	0.05	0.06	0.06	0.07	0.06	0.08	0.06
1824	0.06	0.05	0.06	0.06	0.07	0.06	0.08	0.06
1832	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.08	0.06
1840	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.06
1848	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.06
1856	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.06
1864	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.07
1872	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.06
1880	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.07
1888	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.07
1896	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.07
1904	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.07
1912	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.07
1920	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.07
1928	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.07
1936	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.07
1944	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.07
1952	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.07
1960	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.07
1968	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.10	0.07
1976	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.10	0.07
1984	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.10	0.07
1992	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.10	0.07
2000	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.10	0.07
2008	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.10	0.07
2016	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.10	0.07
2024	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.10	0.07
2032	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.10	0.07
2040	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.10	0.07
2048	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.10	0.07
2056	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.10	0.07
2064	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.10	0.07

---

---

2072	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.11	0.07
2080	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.11	0.07
2088	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06	0.11	0.07
2096	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06	0.11	0.07
2104	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06	0.11	0.08
2112	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06	0.11	0.08
2120	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06	0.11	0.08
2128	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06	0.11	0.08
2136	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06	0.11	0.08
2144	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.11	0.08
2152	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.12	0.08
2160	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06	0.11	0.08
2168	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06	0.12	0.08
2176	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.12	0.08
2184	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.12	0.08
2192	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.12	0.08
2200	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.12	0.08
2208	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.12	0.08
2216	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.12	0.08
2224	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.12	0.08
2232	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.12	0.08
2240	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.07	0.12	0.08
2248	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.07	0.13	0.08
2256	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.07	0.13	0.08
2264	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.07	0.13	0.08
2272	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.07	0.13	0.08
2280	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07	0.13	0.08
2288	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07	0.13	0.08
2296	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07	0.13	0.08
2304	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07	0.13	0.08
2312	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.13	0.09
2320	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.13	0.09
2328	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.14	0.09
2336	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.14	0.09
2344	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.14	0.09
2352	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.14	0.09
2360	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.14	0.09
2368	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.14	0.09
2376	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.14	0.09
2384	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.14	0.09
2392	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.14	0.09
2400	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.14	0.09
2408	0.06	0.07	0.07	0.07	0.09	0.07	0.14	0.09
2416	0.06	0.07	0.07	0.07	0.09	0.07	0.14	0.09
2424	0.06	0.07	0.07	0.07	0.09	0.07	0.14	0.09
2432	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.14	0.09

---

---

2440	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.14	0.09
2448	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.14	0.09
2456	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.15	0.09
2464	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.15	0.09
2472	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.15	0.09
2480	0.06	0.07	0.07	0.07	0.09	0.07	0.15	0.09
2488	0.06	0.07	0.07	0.07	0.09	0.08	0.15	0.10
2496	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.08	0.15	0.10
2504	0.06	0.07	0.07	0.08	0.10	0.08	0.15	0.10
2512	0.06	0.07	0.07	0.08	0.10	0.08	0.15	0.10
2520	0.06	0.06	0.08	0.07	0.09	0.08	0.16	0.10
2528	0.06	0.07	0.08	0.07	0.09	0.08	0.16	0.10
2536	0.06	0.07	0.08	0.07	0.10	0.08	0.16	0.10
2544	0.06	0.07	0.08	0.07	0.10	0.08	0.16	0.10
2552	0.07	0.07	0.08	0.07	0.10	0.08	0.16	0.10
2560	0.07	0.07	0.08	0.07	0.10	0.08	0.16	0.10
2568	0.07	0.06	0.08	0.07	0.10	0.08	0.16	0.10
2576	0.06	0.07	0.08	0.07	0.10	0.08	0.16	0.10
2584	0.06	0.07	0.08	0.07	0.10	0.08	0.16	0.10
2592	0.06	0.07	0.08	0.07	0.10	0.08	0.16	0.10
2600	0.06	0.07	0.08	0.07	0.10	0.08	0.16	0.10
2608	0.06	0.07	0.08	0.08	0.10	0.08	0.17	0.10
2616	0.06	0.07	0.08	0.08	0.10	0.08	0.17	0.10
2624	0.06	0.07	0.08	0.07	0.10	0.08	0.17	0.10
2632	0.06	0.07	0.08	0.07	0.10	0.08	0.17	0.10
2640	0.07	0.07	0.08	0.07	0.10	0.08	0.17	0.10
2648	0.07	0.07	0.08	0.07	0.10	0.09	0.17	0.10
2656	0.07	0.07	0.08	0.07	0.10	0.09	0.17	0.11
2664	0.06	0.07	0.09	0.07	0.10	0.08	0.17	0.11
2672	0.06	0.07	0.09	0.07	0.10	0.08	0.17	0.11
2680	0.06	0.07	0.09	0.07	0.10	0.09	0.17	0.11
2688	0.07	0.07	0.09	0.07	0.10	0.09	0.17	0.11
2696	0.07	0.07	0.09	0.07	0.10	0.09	0.17	0.11
2704	0.07	0.07	0.09	0.07	0.10	0.09	0.17	0.11
2712	0.07	0.07	0.09	0.07	0.11	0.09	0.17	0.11
2720	0.07	0.07	0.09	0.07	0.11	0.09	0.17	0.11
2728	0.07	0.07	0.09	0.07	0.11	0.09	0.17	0.11
2736	0.07	0.07	0.09	0.07	0.11	0.09	0.18	0.11
2744	0.07	0.07	0.09	0.07	0.11	0.09	0.18	0.11
2752	0.07	0.08	0.09	0.07	0.11	0.09	0.18	0.11
2760	0.07	0.07	0.09	0.07	0.11	0.09	0.18	0.11
2768	0.07	0.07	0.09	0.07	0.11	0.09	0.18	0.11
2776	0.07	0.07	0.09	0.07	0.11	0.09	0.18	0.11
2784	0.07	0.07	0.09	0.07	0.11	0.09	0.18	0.11
2792	0.07	0.08	0.09	0.06	0.11	0.09	0.18	0.11
2800	0.07	0.08	0.09	0.07	0.11	0.09	0.18	0.11

---

---

2808	0.07	0.08	0.10	0.07	0.11	0.09	0.18	0.11
2816	0.07	0.08	0.10	0.07	0.11	0.09	0.18	0.11
2824	0.07	0.08	0.10	0.06	0.11	0.09	0.18	0.11
2832	0.07	0.08	0.10	0.07	0.11	0.09	0.18	0.11
2840	0.07	0.08	0.10	0.07	0.11	0.10	0.18	0.12
2848	0.07	0.08	0.10	0.07	0.11	0.10	0.18	0.12
2856	0.07	0.08	0.10	0.07	0.11	0.10	0.18	0.12
2864	0.07	0.08	0.10	0.07	0.12	0.10	0.18	0.12
2872	0.07	0.08	0.10	0.07	0.12	0.10	0.18	0.12
2880	0.07	0.08	0.10	0.07	0.12	0.10	0.18	0.12
2888	0.07	0.08	0.10	0.07	0.12	0.10	0.18	0.12
2896	0.07	0.08	0.10	0.07	0.12	0.10	0.18	0.12
2904	0.07	0.08	0.10	0.07	0.12	0.10	0.18	0.12
2912	0.07	0.08	0.10	0.07	0.12	0.10	0.18	0.12
2920	0.07	0.08	0.11	0.07	0.12	0.10	0.18	0.12
2928	0.07	0.08	0.11	0.07	0.12	0.10	0.18	0.12
2936	0.07	0.08	0.11	0.07	0.12	0.10	0.18	0.12
2944	0.07	0.08	0.11	0.07	0.12	0.10	0.18	0.12
2952	0.07	0.08	0.11	0.07	0.12	0.10	0.18	0.12
2960	0.07	0.08	0.11	0.07	0.12	0.10	0.18	0.12
2968	0.07	0.09	0.11	0.07	0.12	0.11	0.18	0.12
2976	0.08	0.09	0.11	0.07	0.12	0.11	0.18	0.12
2984	0.08	0.09	0.11	0.07	0.12	0.11	0.18	0.12
2992	0.08	0.09	0.11	0.07	0.12	0.11	0.18	0.12
3000	0.08	0.09	0.11	0.07	0.12	0.11	0.18	0.12
3008	0.08	0.09	0.11	0.07	0.12	0.11	0.18	0.12
3016	0.08	0.09	0.12	0.07	0.12	0.11	0.18	0.12
3024	0.08	0.09	0.12	0.07	0.12	0.11	0.18	0.12
3032	0.08	0.09	0.12	0.07	0.12	0.11	0.18	0.12
3040	0.08	0.09	0.12	0.07	0.12	0.11	0.18	0.12
3048	0.08	0.09	0.12	0.07	0.12	0.11	0.18	0.12
3056	0.08	0.09	0.12	0.08	0.13	0.11	0.18	0.13
3064	0.08	0.09	0.12	0.08	0.13	0.12	0.18	0.13
3072	0.08	0.09	0.12	0.08	0.13	0.11	0.18	0.13
3080	0.08	0.09	0.12	0.08	0.13	0.11	0.18	0.12
3088	0.08	0.10	0.12	0.08	0.13	0.11	0.18	0.13
3096	0.08	0.10	0.13	0.08	0.13	0.12	0.18	0.13
3104	0.08	0.10	0.13	0.08	0.13	0.12	0.18	0.13
3112	0.08	0.10	0.13	0.08	0.13	0.12	0.18	0.13
3120	0.08	0.10	0.13	0.08	0.13	0.12	0.18	0.13
3128	0.08	0.10	0.13	0.08	0.13	0.12	0.18	0.13
3136	0.08	0.10	0.13	0.08	0.13	0.12	0.18	0.13
3144	0.09	0.10	0.13	0.08	0.13	0.12	0.18	0.13
3152	0.09	0.10	0.13	0.08	0.13	0.12	0.18	0.13
3160	0.09	0.10	0.14	0.08	0.13	0.12	0.18	0.13
3168	0.09	0.10	0.14	0.08	0.13	0.12	0.18	0.13

---

---

3176	0.09	0.10	0.14	0.08	0.13	0.12	0.18	0.13
3184	0.09	0.10	0.14	0.09	0.13	0.13	0.18	0.13
3192	0.09	0.11	0.14	0.09	0.13	0.12	0.18	0.13
3200	0.09	0.11	0.14	0.09	0.13	0.12	0.18	0.13
3208	0.09	0.11	0.14	0.09	0.13	0.13	0.18	0.13
3216	0.09	0.11	0.14	0.09	0.13	0.13	0.18	0.13
3224	0.09	0.11	0.14	0.09	0.13	0.13	0.18	0.13
3232	0.09	0.11	0.15	0.09	0.14	0.13	0.18	0.13
3240	0.10	0.11	0.15	0.09	0.14	0.13	0.18	0.13
3248	0.10	0.11	0.15	0.10	0.14	0.13	0.18	0.13
3256	0.10	0.11	0.15	0.10	0.14	0.13	0.17	0.13
3264	0.10	0.11	0.15	0.10	0.14	0.13	0.17	0.13
3272	0.10	0.12	0.15	0.10	0.14	0.14	0.17	0.13
3280	0.10	0.12	0.15	0.10	0.14	0.14	0.17	0.13
3288	0.10	0.11	0.15	0.10	0.13	0.14	0.17	0.13
3296	0.10	0.11	0.15	0.10	0.14	0.14	0.17	0.13
3304	0.10	0.11	0.15	0.10	0.14	0.14	0.17	0.13
3312	0.10	0.11	0.15	0.09	0.13	0.14	0.17	0.13
3320	0.10	0.12	0.15	0.10	0.14	0.14	0.17	0.13
3328	0.10	0.12	0.15	0.10	0.14	0.14	0.17	0.13
3336	0.10	0.12	0.16	0.10	0.14	0.14	0.17	0.13
3344	0.10	0.12	0.16	0.10	0.14	0.14	0.17	0.13
3352	0.10	0.12	0.16	0.10	0.14	0.14	0.17	0.13
3360	0.10	0.12	0.16	0.10	0.14	0.14	0.17	0.13
3368	0.10	0.12	0.16	0.10	0.14	0.14	0.17	0.13
3376	0.10	0.12	0.16	0.10	0.14	0.14	0.17	0.13
3384	0.10	0.12	0.16	0.10	0.14	0.14	0.17	0.13
3392	0.10	0.13	0.17	0.11	0.14	0.14	0.17	0.13
3400	0.10	0.13	0.17	0.11	0.14	0.15	0.17	0.13
3408	0.10	0.13	0.17	0.11	0.14	0.15	0.17	0.13
3416	0.10	0.13	0.17	0.11	0.14	0.15	0.17	0.13
3424	0.10	0.13	0.17	0.11	0.14	0.15	0.17	0.13
3432	0.11	0.13	0.17	0.11	0.14	0.15	0.16	0.13
3440	0.11	0.13	0.17	0.11	0.14	0.14	0.16	0.13
3448	0.11	0.13	0.18	0.11	0.14	0.15	0.16	0.13
3456	0.11	0.13	0.18	0.11	0.14	0.15	0.16	0.13
3464	0.11	0.13	0.18	0.11	0.14	0.15	0.16	0.13
3472	0.11	0.14	0.18	0.11	0.14	0.15	0.16	0.13
3480	0.11	0.13	0.18	0.11	0.14	0.15	0.16	0.13
3488	0.11	0.14	0.18	0.11	0.14	0.15	0.16	0.13
3496	0.11	0.14	0.18	0.12	0.14	0.15	0.16	0.13
3504	0.11	0.14	0.19	0.12	0.14	0.15	0.16	0.13
3512	0.11	0.14	0.19	0.12	0.14	0.15	0.16	0.13
3520	0.11	0.14	0.19	0.12	0.14	0.15	0.16	0.13
3528	0.12	0.15	0.19	0.13	0.14	0.16	0.16	0.13
3536	0.12	0.15	0.19	0.13	0.14	0.16	0.16	0.13

---

---

3544	0.12	0.15	0.19	0.12	0.14	0.15	0.16	0.13
3552	0.12	0.15	0.19	0.12	0.14	0.15	0.16	0.13
3560	0.12	0.15	0.19	0.13	0.14	0.15	0.16	0.13
3568	0.12	0.15	0.20	0.13	0.14	0.16	0.16	0.13
3576	0.12	0.15	0.20	0.13	0.14	0.16	0.16	0.13
3584	0.12	0.15	0.20	0.13	0.14	0.16	0.15	0.13
3592	0.12	0.15	0.20	0.13	0.14	0.16	0.15	0.13
3600	0.12	0.16	0.20	0.13	0.14	0.16	0.15	0.13
3608	0.12	0.16	0.20	0.14	0.14	0.16	0.15	0.13
3616	0.12	0.16	0.20	0.14	0.14	0.16	0.15	0.13
3624	0.12	0.16	0.20	0.14	0.14	0.16	0.15	0.13
3632	0.12	0.16	0.20	0.14	0.14	0.16	0.15	0.12
3640	0.12	0.16	0.21	0.14	0.14	0.16	0.15	0.12
3648	0.13	0.16	0.21	0.14	0.14	0.16	0.15	0.13
3656	0.13	0.16	0.21	0.14	0.14	0.16	0.15	0.13
3664	0.13	0.16	0.21	0.14	0.14	0.16	0.15	0.12
3672	0.13	0.17	0.21	0.15	0.14	0.16	0.15	0.13
3680	0.13	0.17	0.21	0.15	0.14	0.16	0.15	0.12
3688	0.13	0.17	0.21	0.15	0.14	0.16	0.15	0.12
3696	0.13	0.17	0.21	0.15	0.14	0.16	0.15	0.12
3704	0.13	0.17	0.22	0.15	0.14	0.16	0.15	0.12
3712	0.13	0.17	0.22	0.15	0.14	0.16	0.15	0.12
3720	0.13	0.17	0.22	0.15	0.14	0.16	0.15	0.12
3728	0.13	0.18	0.22	0.15	0.14	0.16	0.14	0.12
3736	0.13	0.18	0.22	0.16	0.14	0.16	0.14	0.12
3744	0.14	0.18	0.22	0.16	0.14	0.16	0.15	0.12
3752	0.14	0.18	0.22	0.16	0.14	0.16	0.15	0.12
3760	0.14	0.18	0.22	0.16	0.14	0.16	0.14	0.12
3768	0.14	0.18	0.22	0.16	0.14	0.16	0.14	0.12
3776	0.14	0.19	0.23	0.16	0.14	0.16	0.14	0.12
3784	0.14	0.19	0.23	0.17	0.14	0.17	0.14	0.12
3792	0.14	0.19	0.23	0.17	0.14	0.17	0.14	0.12
3800	0.14	0.19	0.23	0.17	0.13	0.16	0.14	0.12
3808	0.14	0.19	0.23	0.17	0.13	0.16	0.14	0.12
3816	0.14	0.19	0.23	0.17	0.13	0.17	0.14	0.12
3824	0.14	0.19	0.23	0.17	0.13	0.17	0.14	0.12
3832	0.14	0.20	0.23	0.18	0.13	0.16	0.14	0.12
3840	0.14	0.20	0.23	0.18	0.13	0.16	0.14	0.12
3848	0.14	0.20	0.23	0.18	0.13	0.16	0.14	0.12
3856	0.14	0.20	0.23	0.18	0.13	0.17	0.14	0.12
3864	0.14	0.20	0.23	0.18	0.13	0.17	0.14	0.12
3872	0.14	0.20	0.24	0.18	0.13	0.17	0.14	0.12
3880	0.14	0.21	0.24	0.18	0.13	0.17	0.14	0.12
3888	0.14	0.21	0.24	0.19	0.14	0.17	0.14	0.12
3896	0.14	0.21	0.24	0.19	0.14	0.17	0.14	0.12
3904	0.14	0.21	0.24	0.19	0.13	0.17	0.14	0.12

---

---

3912	0.14	0.21	0.24	0.19	0.13	0.17	0.14	0.12
3920	0.14	0.22	0.24	0.19	0.13	0.17	0.14	0.12
3928	0.15	0.22	0.24	0.20	0.13	0.17	0.14	0.12
3936	0.15	0.22	0.25	0.20	0.13	0.17	0.14	0.12
3944	0.15	0.22	0.24	0.20	0.13	0.17	0.13	0.12
3952	0.14	0.22	0.24	0.20	0.13	0.17	0.13	0.12
3960	0.15	0.23	0.25	0.20	0.13	0.17	0.13	0.12
3968	0.15	0.23	0.25	0.20	0.13	0.17	0.13	0.12
3976	0.15	0.23	0.25	0.21	0.13	0.17	0.13	0.12
3984	0.15	0.23	0.25	0.21	0.13	0.17	0.13	0.12
3992	0.15	0.23	0.25	0.21	0.13	0.17	0.13	0.12
4000	0.15	0.24	0.25	0.21	0.13	0.17	0.13	0.12
4008	0.15	0.24	0.25	0.21	0.13	0.17	0.13	0.12
4016	0.15	0.24	0.25	0.22	0.13	0.17	0.13	0.12
4024	0.16	0.24	0.25	0.22	0.13	0.17	0.13	0.12
4032	0.16	0.24	0.25	0.22	0.13	0.17	0.13	0.12
4040	0.16	0.24	0.25	0.22	0.13	0.17	0.13	0.12
4048	0.16	0.25	0.25	0.23	0.13	0.17	0.13	0.12
4056	0.16	0.25	0.25	0.23	0.13	0.17	0.13	0.12
4064	0.16	0.25	0.25	0.23	0.13	0.17	0.13	0.12
4072	0.17	0.25	0.25	0.23	0.13	0.17	0.13	0.12
4080	0.17	0.26	0.25	0.24	0.13	0.17	0.13	0.12
4088	0.17	0.26	0.26	0.24	0.13	0.17	0.13	0.12
4096	0.17	0.26	0.26	0.24	0.13	0.17	0.13	0.12
4104	0.17	0.26	0.26	0.24	0.13	0.17	0.13	0.12
4112	0.17	0.26	0.26	0.24	0.13	0.17	0.13	0.12
4120	0.18	0.27	0.26	0.24	0.13	0.17	0.13	0.12
4128	0.18	0.27	0.26	0.25	0.13	0.17	0.13	0.12
4136	0.18	0.27	0.26	0.25	0.13	0.17	0.13	0.12
4144	0.18	0.27	0.26	0.25	0.13	0.17	0.13	0.12
4152	0.18	0.27	0.26	0.25	0.13	0.17	0.13	0.12
4160	0.19	0.28	0.26	0.26	0.13	0.17	0.13	0.12
4168	0.19	0.28	0.26	0.26	0.13	0.17	0.13	0.12
4176	0.19	0.28	0.26	0.26	0.13	0.17	0.13	0.12
4184	0.19	0.28	0.26	0.27	0.13	0.17	0.13	0.12
4192	0.19	0.29	0.26	0.27	0.13	0.17	0.13	0.12
4200	0.20	0.29	0.26	0.27	0.13	0.17	0.13	0.12
4208	0.20	0.29	0.26	0.27	0.13	0.17	0.13	0.12
4216	0.20	0.29	0.26	0.27	0.13	0.17	0.13	0.12
4224	0.20	0.29	0.25	0.27	0.12	0.16	0.12	0.11
4232	0.20	0.30	0.26	0.28	0.13	0.17	0.13	0.12
4240	0.20	0.30	0.26	0.28	0.13	0.17	0.13	0.11
4248	0.21	0.30	0.26	0.28	0.13	0.17	0.13	0.12
4256	0.22	0.31	0.26	0.29	0.14	0.17	0.13	0.12
4264	0.22	0.31	0.27	0.29	0.14	0.17	0.13	0.12
4272	0.21	0.31	0.26	0.29	0.13	0.17	0.13	0.12

---

---

4280	0.22	0.32	0.27	0.30	0.14	0.18	0.13	0.12
4288	0.22	0.31	0.26	0.30	0.14	0.17	0.13	0.12
4296	0.22	0.32	0.26	0.30	0.13	0.17	0.13	0.12
4304	0.23	0.32	0.26	0.31	0.13	0.17	0.13	0.12
4312	0.23	0.32	0.26	0.31	0.14	0.17	0.13	0.12
4320	0.23	0.32	0.26	0.31	0.13	0.17	0.13	0.12
4328	0.23	0.32	0.26	0.31	0.12	0.16	0.12	0.11
4336	0.23	0.32	0.26	0.31	0.12	0.17	0.13	0.11
4344	0.23	0.33	0.26	0.31	0.13	0.17	0.13	0.12
4352	0.23	0.33	0.26	0.31	0.12	0.17	0.12	0.11
4360	0.23	0.33	0.26	0.32	0.12	0.17	0.12	0.11
4368	0.24	0.33	0.26	0.32	0.12	0.17	0.12	0.11
4376	0.24	0.33	0.26	0.32	0.13	0.17	0.13	0.11
4384	0.24	0.34	0.26	0.33	0.13	0.17	0.13	0.12
4392	0.25	0.34	0.26	0.33	0.13	0.17	0.12	0.11
4400	0.25	0.34	0.26	0.33	0.12	0.17	0.12	0.11
4408	0.25	0.34	0.26	0.33	0.13	0.17	0.12	0.11
4416	0.25	0.35	0.26	0.33	0.13	0.17	0.13	0.11
4424	0.25	0.35	0.25	0.33	0.12	0.17	0.12	0.11
4432	0.26	0.35	0.26	0.34	0.13	0.17	0.13	0.12
4440	0.26	0.35	0.25	0.34	0.13	0.17	0.12	0.11
4448	0.26	0.35	0.25	0.34	0.12	0.17	0.12	0.11
4456	0.26	0.35	0.25	0.34	0.13	0.17	0.12	0.11
4464	0.26	0.36	0.25	0.35	0.13	0.17	0.12	0.11
4472	0.27	0.36	0.25	0.35	0.13	0.17	0.13	0.12
4480	0.27	0.36	0.25	0.35	0.13	0.17	0.13	0.12
4488	0.27	0.36	0.25	0.35	0.13	0.17	0.12	0.11
4496	0.27	0.37	0.25	0.36	0.13	0.17	0.13	0.11
4504	0.28	0.37	0.25	0.36	0.13	0.17	0.13	0.12
4512	0.28	0.37	0.25	0.36	0.13	0.17	0.12	0.11
4520	0.28	0.37	0.25	0.36	0.13	0.17	0.12	0.11
4528	0.28	0.37	0.25	0.36	0.13	0.17	0.13	0.12
4536	0.29	0.37	0.25	0.37	0.13	0.17	0.13	0.12
4544	0.29	0.38	0.25	0.37	0.13	0.17	0.13	0.12
4552	0.29	0.38	0.25	0.37	0.13	0.17	0.13	0.12
4560	0.29	0.38	0.25	0.37	0.13	0.17	0.13	0.12
4568	0.30	0.38	0.25	0.37	0.13	0.17	0.13	0.12
4576	0.30	0.38	0.25	0.37	0.13	0.17	0.13	0.12
4584	0.30	0.38	0.25	0.38	0.13	0.18	0.13	0.12
4592	0.30	0.39	0.25	0.38	0.13	0.18	0.13	0.12
4600	0.31	0.39	0.25	0.38	0.13	0.17	0.13	0.12
4608	0.31	0.39	0.25	0.38	0.13	0.18	0.13	0.12
4616	0.31	0.39	0.25	0.38	0.13	0.18	0.13	0.12
4624	0.31	0.39	0.25	0.38	0.13	0.18	0.13	0.12
4632	0.32	0.39	0.24	0.38	0.13	0.18	0.13	0.12
4640	0.32	0.39	0.24	0.39	0.13	0.18	0.13	0.12

---



---

4648	0.32	0.40	0.24	0.39	0.13	0.18	0.13	0.12
4656	0.32	0.40	0.24	0.39	0.13	0.18	0.13	0.12
4664	0.33	0.40	0.24	0.39	0.13	0.18	0.13	0.12
4672	0.33	0.40	0.24	0.39	0.13	0.18	0.13	0.12
4680	0.33	0.40	0.24	0.39	0.13	0.18	0.13	0.12
4688	0.33	0.40	0.24	0.39	0.13	0.18	0.13	0.12
4696	0.34	0.40	0.24	0.39	0.13	0.18	0.13	0.12
4704	0.34	0.40	0.24	0.40	0.13	0.18	0.13	0.12
4712	0.34	0.40	0.24	0.40	0.13	0.18	0.13	0.12
4720	0.34	0.41	0.24	0.40	0.13	0.19	0.13	0.12
4728	0.35	0.41	0.24	0.40	0.13	0.19	0.13	0.12
4736	0.35	0.41	0.24	0.40	0.13	0.19	0.13	0.12
4744	0.35	0.41	0.24	0.40	0.14	0.19	0.13	0.12
4752	0.35	0.41	0.24	0.40	0.14	0.19	0.13	0.12
4760	0.36	0.41	0.24	0.40	0.14	0.19	0.13	0.12
4768	0.36	0.41	0.24	0.40	0.14	0.19	0.13	0.12
4776	0.36	0.41	0.24	0.40	0.14	0.19	0.13	0.12
4784	0.37	0.41	0.24	0.40	0.14	0.19	0.13	0.12
4792	0.37	0.41	0.24	0.40	0.14	0.19	0.13	0.12
4800	0.37	0.41	0.23	0.40	0.14	0.19	0.13	0.12
4808	0.37	0.41	0.23	0.40	0.14	0.19	0.13	0.12
4816	0.38	0.42	0.23	0.40	0.14	0.20	0.13	0.12
4824	0.38	0.42	0.23	0.40	0.14	0.20	0.13	0.12
4832	0.38	0.42	0.23	0.40	0.14	0.20	0.13	0.12
4840	0.38	0.42	0.23	0.40	0.14	0.20	0.13	0.12
4848	0.38	0.42	0.23	0.40	0.14	0.20	0.13	0.12
4856	0.39	0.42	0.23	0.40	0.14	0.20	0.13	0.12
4864	0.39	0.42	0.23	0.40	0.14	0.20	0.13	0.12
4872	0.39	0.42	0.23	0.40	0.15	0.20	0.13	0.12
4880	0.40	0.42	0.23	0.40	0.15	0.20	0.13	0.12
4888	0.40	0.42	0.23	0.40	0.15	0.20	0.13	0.12
4896	0.40	0.42	0.23	0.40	0.15	0.21	0.13	0.12
4904	0.40	0.42	0.23	0.40	0.15	0.21	0.13	0.12
4912	0.40	0.42	0.23	0.40	0.15	0.21	0.13	0.12
4920	0.41	0.42	0.23	0.40	0.15	0.21	0.13	0.12
4928	0.41	0.42	0.23	0.40	0.15	0.21	0.13	0.12
4936	0.41	0.42	0.23	0.40	0.15	0.21	0.13	0.12
4944	0.41	0.42	0.23	0.40	0.15	0.21	0.13	0.12
4952	0.42	0.42	0.22	0.40	0.15	0.21	0.14	0.12
4960	0.42	0.42	0.22	0.40	0.15	0.22	0.14	0.12
4968	0.42	0.42	0.22	0.40	0.15	0.22	0.14	0.12
4976	0.42	0.42	0.22	0.40	0.16	0.22	0.14	0.12
4984	0.43	0.42	0.22	0.40	0.16	0.22	0.14	0.12
4992	0.43	0.42	0.22	0.40	0.16	0.22	0.14	0.12
5000	0.43	0.42	0.22	0.40	0.16	0.22	0.14	0.12
5008	0.43	0.42	0.22	0.40	0.16	0.22	0.14	0.12

---

---

5016	0.43	0.42	0.22	0.39	0.16	0.22	0.14	0.12
5024	0.44	0.42	0.22	0.39	0.16	0.23	0.14	0.12
5032	0.44	0.42	0.22	0.39	0.16	0.23	0.14	0.12
5040	0.44	0.42	0.22	0.39	0.16	0.23	0.14	0.12
5048	0.44	0.42	0.22	0.39	0.16	0.23	0.14	0.12
5056	0.45	0.42	0.22	0.39	0.16	0.23	0.14	0.12
5064	0.45	0.42	0.22	0.39	0.16	0.23	0.14	0.12
5072	0.45	0.42	0.22	0.39	0.17	0.23	0.14	0.12
5080	0.45	0.42	0.22	0.39	0.17	0.23	0.14	0.12
5088	0.45	0.42	0.21	0.39	0.17	0.24	0.14	0.12
5096	0.46	0.42	0.21	0.38	0.17	0.24	0.14	0.12
5104	0.46	0.42	0.21	0.38	0.17	0.24	0.14	0.12
5112	0.46	0.42	0.21	0.38	0.17	0.24	0.14	0.12
5120	0.46	0.42	0.21	0.38	0.17	0.24	0.14	0.12
5128	0.46	0.42	0.21	0.38	0.18	0.24	0.14	0.12
5136	0.47	0.42	0.21	0.38	0.18	0.24	0.14	0.12
5144	0.47	0.42	0.21	0.38	0.18	0.24	0.14	0.12
5152	0.47	0.42	0.21	0.38	0.18	0.24	0.14	0.12
5160	0.47	0.42	0.21	0.37	0.18	0.25	0.14	0.12
5168	0.47	0.42	0.21	0.37	0.18	0.25	0.14	0.12
5176	0.47	0.42	0.21	0.37	0.18	0.25	0.14	0.13
5184	0.48	0.42	0.21	0.37	0.18	0.25	0.15	0.13
5192	0.48	0.42	0.21	0.37	0.19	0.25	0.14	0.12
5200	0.48	0.42	0.21	0.37	0.19	0.25	0.15	0.13
5208	0.48	0.42	0.21	0.37	0.19	0.25	0.15	0.13
5216	0.48	0.42	0.21	0.37	0.19	0.25	0.15	0.13
5224	0.48	0.41	0.21	0.36	0.19	0.25	0.15	0.13
5232	0.48	0.41	0.21	0.36	0.19	0.25	0.15	0.13
5240	0.48	0.41	0.20	0.36	0.19	0.25	0.15	0.12
5248	0.49	0.41	0.21	0.36	0.19	0.25	0.15	0.13
5256	0.49	0.41	0.21	0.36	0.20	0.26	0.15	0.13
5264	0.49	0.41	0.20	0.36	0.20	0.26	0.15	0.13
5272	0.49	0.41	0.20	0.36	0.20	0.26	0.15	0.13
5280	0.49	0.41	0.20	0.36	0.20	0.26	0.15	0.13
5288	0.49	0.41	0.20	0.35	0.20	0.26	0.15	0.13
5296	0.49	0.40	0.20	0.35	0.20	0.26	0.15	0.13
5304	0.49	0.40	0.20	0.35	0.20	0.26	0.15	0.13
5312	0.50	0.40	0.20	0.35	0.20	0.26	0.15	0.13
5320	0.50	0.40	0.20	0.35	0.21	0.26	0.16	0.13
5328	0.50	0.40	0.20	0.35	0.21	0.26	0.16	0.13
5336	0.50	0.40	0.20	0.35	0.21	0.26	0.16	0.13
5344	0.50	0.40	0.20	0.34	0.21	0.26	0.16	0.13
5352	0.50	0.40	0.20	0.34	0.21	0.26	0.15	0.13
5360	0.50	0.40	0.20	0.34	0.21	0.26	0.16	0.13
5368	0.50	0.39	0.20	0.34	0.21	0.26	0.16	0.13
5376	0.50	0.39	0.20	0.34	0.21	0.26	0.16	0.13

---

---

5384	0.50	0.39	0.20	0.34	0.21	0.26	0.16	0.13
5392	0.50	0.39	0.20	0.34	0.21	0.26	0.16	0.13
5400	0.50	0.39	0.20	0.33	0.21	0.26	0.16	0.13
5408	0.50	0.39	0.20	0.33	0.21	0.26	0.16	0.13
5416	0.50	0.39	0.20	0.33	0.21	0.26	0.16	0.13
5424	0.50	0.39	0.20	0.33	0.22	0.26	0.16	0.13
5432	0.50	0.38	0.20	0.33	0.22	0.26	0.16	0.13
5440	0.50	0.38	0.20	0.33	0.22	0.26	0.16	0.13
5448	0.50	0.38	0.20	0.33	0.22	0.26	0.16	0.13
5456	0.50	0.38	0.19	0.32	0.22	0.26	0.16	0.13
5464	0.50	0.38	0.19	0.32	0.22	0.26	0.16	0.13
5472	0.50	0.38	0.19	0.32	0.22	0.26	0.16	0.13
5480	0.50	0.37	0.19	0.32	0.22	0.26	0.16	0.13
5488	0.50	0.37	0.19	0.32	0.22	0.26	0.16	0.13
5496	0.50	0.37	0.19	0.32	0.22	0.26	0.16	0.13
5504	0.50	0.37	0.19	0.31	0.22	0.26	0.16	0.13
5512	0.50	0.37	0.19	0.31	0.22	0.26	0.16	0.14
5520	0.50	0.37	0.19	0.31	0.22	0.26	0.16	0.14
5528	0.50	0.37	0.19	0.31	0.22	0.26	0.16	0.13
5536	0.50	0.37	0.19	0.31	0.22	0.26	0.17	0.14
5544	0.50	0.37	0.19	0.31	0.22	0.26	0.17	0.14
5552	0.50	0.36	0.19	0.31	0.22	0.26	0.17	0.14
5560	0.50	0.36	0.19	0.30	0.22	0.25	0.16	0.13
5568	0.50	0.36	0.19	0.30	0.22	0.25	0.16	0.13
5576	0.50	0.36	0.19	0.30	0.22	0.26	0.17	0.14
5584	0.50	0.36	0.19	0.30	0.22	0.26	0.17	0.14
5592	0.50	0.36	0.19	0.30	0.22	0.25	0.17	0.14
5600	0.49	0.35	0.19	0.30	0.22	0.25	0.17	0.14
5608	0.49	0.35	0.19	0.30	0.22	0.25	0.16	0.14
5616	0.49	0.35	0.19	0.29	0.22	0.25	0.16	0.14
5624	0.49	0.35	0.19	0.29	0.22	0.25	0.17	0.14
5632	0.49	0.35	0.19	0.29	0.22	0.25	0.17	0.14
5640	0.49	0.35	0.19	0.29	0.22	0.25	0.16	0.14
5648	0.49	0.34	0.19	0.29	0.22	0.25	0.17	0.14
5656	0.49	0.34	0.19	0.29	0.22	0.25	0.17	0.14
5664	0.49	0.34	0.19	0.29	0.22	0.25	0.17	0.14
5672	0.48	0.34	0.18	0.29	0.22	0.25	0.17	0.14
5680	0.48	0.34	0.18	0.28	0.22	0.25	0.16	0.14
5688	0.48	0.34	0.19	0.28	0.22	0.25	0.17	0.14
5696	0.48	0.34	0.18	0.28	0.22	0.25	0.17	0.14
5704	0.48	0.34	0.18	0.28	0.22	0.24	0.17	0.14
5712	0.48	0.33	0.18	0.28	0.22	0.24	0.17	0.14
5720	0.48	0.33	0.18	0.28	0.22	0.24	0.17	0.14
5728	0.48	0.33	0.18	0.28	0.22	0.24	0.17	0.14
5736	0.47	0.33	0.18	0.28	0.22	0.24	0.17	0.14
5744	0.47	0.33	0.18	0.28	0.22	0.24	0.16	0.14

---

---

5752	0.47	0.33	0.18	0.28	0.22	0.24	0.16	0.14
5760	0.47	0.33	0.18	0.27	0.22	0.24	0.16	0.14
5768	0.47	0.32	0.18	0.27	0.22	0.24	0.16	0.14
5776	0.47	0.32	0.18	0.27	0.22	0.24	0.16	0.14
5784	0.46	0.32	0.18	0.27	0.22	0.24	0.16	0.14
5792	0.46	0.32	0.18	0.27	0.22	0.24	0.16	0.14
5800	0.46	0.32	0.18	0.27	0.22	0.24	0.16	0.14
5808	0.46	0.32	0.18	0.27	0.22	0.24	0.16	0.14
5816	0.46	0.32	0.18	0.27	0.22	0.24	0.16	0.14
5824	0.46	0.31	0.18	0.26	0.22	0.24	0.16	0.14
5832	0.46	0.31	0.18	0.26	0.22	0.23	0.16	0.14
5840	0.45	0.31	0.18	0.26	0.22	0.23	0.16	0.14
5848	0.45	0.31	0.18	0.26	0.22	0.24	0.16	0.14
5856	0.45	0.31	0.18	0.26	0.22	0.23	0.16	0.14
5864	0.45	0.31	0.18	0.26	0.21	0.23	0.16	0.14
5872	0.45	0.30	0.18	0.26	0.21	0.23	0.16	0.14
5880	0.45	0.30	0.18	0.26	0.22	0.23	0.16	0.14
5888	0.45	0.30	0.18	0.26	0.22	0.23	0.16	0.14
5896	0.44	0.30	0.18	0.25	0.22	0.23	0.16	0.14
5904	0.44	0.30	0.18	0.25	0.22	0.23	0.16	0.14
5912	0.44	0.30	0.18	0.25	0.22	0.23	0.16	0.14
5920	0.44	0.30	0.18	0.25	0.22	0.23	0.16	0.14
5928	0.44	0.30	0.18	0.25	0.22	0.23	0.16	0.14
5936	0.44	0.30	0.18	0.25	0.21	0.23	0.16	0.14
5944	0.43	0.30	0.18	0.25	0.21	0.23	0.15	0.14
5952	0.43	0.29	0.18	0.25	0.21	0.22	0.15	0.14
5960	0.43	0.29	0.17	0.24	0.21	0.22	0.15	0.14
5968	0.43	0.29	0.18	0.25	0.21	0.22	0.15	0.14
5976	0.42	0.29	0.17	0.24	0.21	0.22	0.15	0.14
5984	0.42	0.29	0.18	0.24	0.21	0.22	0.15	0.14
5992	0.42	0.29	0.18	0.25	0.21	0.22	0.15	0.15
6000	0.42	0.29	0.18	0.24	0.21	0.22	0.15	0.14
6008	0.42	0.29	0.18	0.24	0.21	0.22	0.15	0.14
6016	0.42	0.29	0.18	0.24	0.21	0.22	0.15	0.14
6024	0.41	0.29	0.18	0.24	0.21	0.22	0.15	0.14
6032	0.41	0.28	0.18	0.24	0.21	0.22	0.15	0.14
6040	0.41	0.28	0.17	0.24	0.21	0.22	0.14	0.14
6048	0.41	0.28	0.17	0.24	0.21	0.22	0.14	0.14
6056	0.40	0.28	0.17	0.24	0.21	0.22	0.14	0.14
6064	0.40	0.28	0.17	0.23	0.21	0.22	0.14	0.14
6072	0.40	0.28	0.17	0.24	0.21	0.22	0.14	0.14
6080	0.40	0.28	0.17	0.23	0.21	0.22	0.14	0.14
6088	0.40	0.28	0.17	0.23	0.21	0.21	0.14	0.14
6096	0.40	0.28	0.17	0.23	0.21	0.21	0.14	0.14
6104	0.40	0.27	0.17	0.23	0.21	0.21	0.14	0.14
6112	0.39	0.27	0.17	0.23	0.21	0.21	0.14	0.14

---

6120	0.39	0.27	0.17	0.23	0.21	0.21	0.14	0.14
6128	0.39	0.27	0.17	0.23	0.21	0.21	0.14	0.14
6136	0.39	0.27	0.17	0.23	0.21	0.21	0.13	0.14
6144	0.39	0.27	0.17	0.23	0.21	0.21	0.13	0.14
6152	0.39	0.27	0.17	0.23	0.21	0.21	0.13	0.14
6160	0.38	0.27	0.17	0.23	0.21	0.21	0.13	0.14
6168	0.38	0.27	0.17	0.23	0.21	0.21	0.13	0.14
6176	0.38	0.27	0.17	0.23	0.21	0.21	0.13	0.14
6184	0.38	0.27	0.17	0.23	0.21	0.21	0.13	0.14
6192	0.38	0.27	0.17	0.23	0.21	0.21	0.13	0.14
6200	0.37	0.26	0.17	0.22	0.21	0.21	0.13	0.14
6208	0.37	0.26	0.17	0.22	0.21	0.21	0.13	0.14
6216	0.37	0.26	0.17	0.22	0.21	0.21	0.12	0.14
6224	0.37	0.26	0.17	0.22	0.21	0.21	0.12	0.13
6232	0.37	0.26	0.17	0.22	0.21	0.21	0.12	0.13
6240	0.36	0.26	0.17	0.22	0.21	0.21	0.12	0.13
6248	0.36	0.26	0.17	0.22	0.21	0.21	0.12	0.13
6256	0.36	0.26	0.17	0.22	0.21	0.21	0.12	0.13
6264	0.36	0.26	0.17	0.22	0.21	0.20	0.12	0.13
6272	0.36	0.26	0.17	0.22	0.21	0.20	0.12	0.13
6280	0.36	0.25	0.16	0.22	0.21	0.20	0.12	0.13
6288	0.35	0.26	0.16	0.22	0.21	0.20	0.12	0.13
6296	0.35	0.26	0.17	0.22	0.21	0.20	0.12	0.13
6304	0.35	0.26	0.17	0.22	0.21	0.20	0.12	0.13
6312	0.35	0.25	0.16	0.22	0.21	0.20	0.11	0.13
6320	0.35	0.25	0.16	0.22	0.21	0.20	0.11	0.13
6328	0.35	0.25	0.16	0.22	0.21	0.20	0.11	0.13
6336	0.34	0.25	0.16	0.22	0.21	0.20	0.11	0.13
6344	0.34	0.25	0.16	0.22	0.21	0.20	0.11	0.13
6352	0.34	0.25	0.16	0.22	0.21	0.20	0.11	0.13
6360	0.34	0.25	0.16	0.22	0.21	0.20	0.11	0.13
6368	0.33	0.25	0.16	0.22	0.21	0.20	0.11	0.13
6376	0.33	0.25	0.16	0.22	0.21	0.20	0.10	0.13
6384	0.33	0.25	0.16	0.22	0.21	0.20	0.10	0.13
6392	0.33	0.25	0.16	0.22	0.21	0.20	0.10	0.13
6400	0.33	0.25	0.16	0.22	0.21	0.20	0.10	0.12

## LAMPIRAN IV

### GAMBAR ALAT



(furnace)



(alat press uji tarnotest)



(mesin penggerak uji tarnotest)



(skala penunjuk uji tarnotest)



(cetakan)